#57

LIBRARY

#57

A

AUG 17 1982

National Marine Fisheries Service
2570 Dole Street
Honolulu, Hawaii

西水研研報
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.
(57), 1982

BULLETIN
OF THE
SEIKAI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

No. 57
March 1982

西海区水産研究所研究報告

第57号

養殖マダイ産出卵の移送機構に関する研究—Ⅲ.
卵・仔魚期の移送拡散について……有薗真琴・松浦秀喜 1

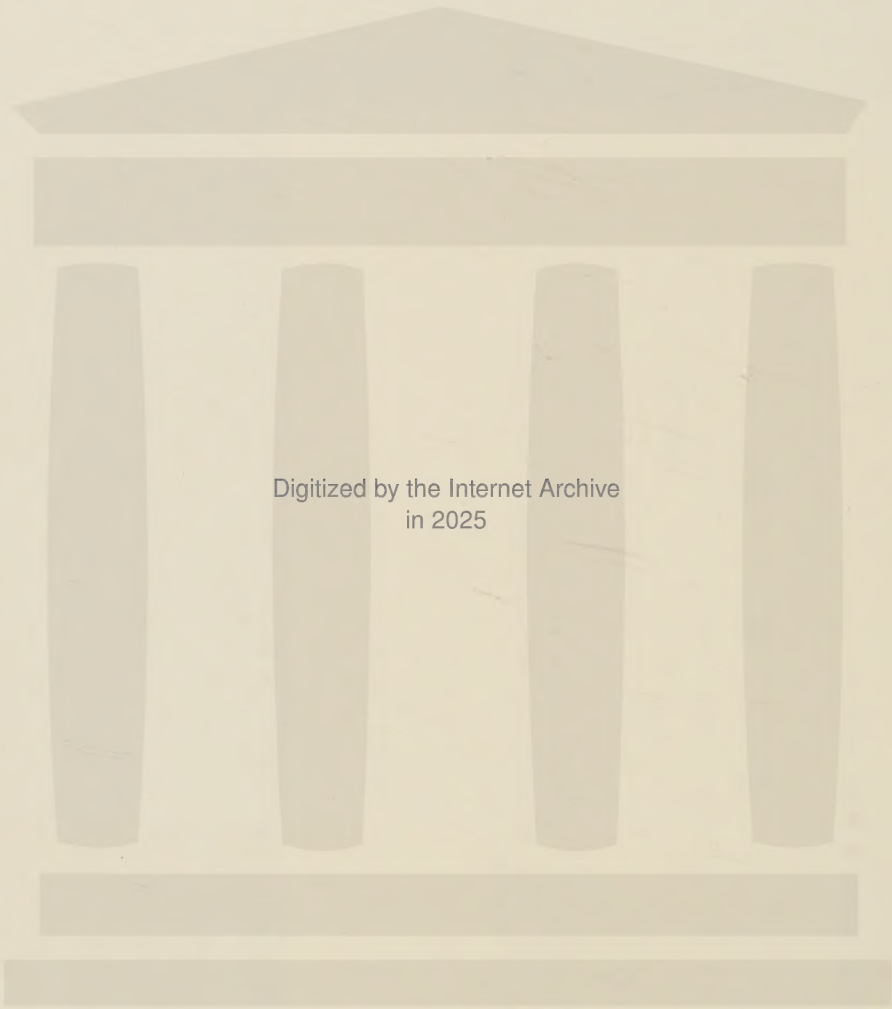
有明海における懸濁物質の研究—Ⅱ.
筑後川河口域における植物プランクトンと
デトライタスの分布と挙動
……田中勝久・浜田七郎・代田昭彦 19

平戸島志々伎湾におけるマダイ当歳魚個体群の摂餌生態—Ⅱ.
食物を中心にみた生息場所の利用について……木曽克裕 31
西日本海域におけるマアジの成長と年齢について……中嶋純子 47

玉縄の漁獲機構
——はえ内での漁獲分布と釣針占有における魚種間競合の可能性——
……前田弘・北島忠弘・広瀬誠
内田和良・浜口正人・俵悟 59

西海区水産研究所
長崎市国分町49

昭和57年3月


Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/bulletin-seikai-national-fisheries-research-institute_1982-03_57

西水研研報 第57号，昭和57年3月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No.57, Mar. 1982

養殖マダイ産出卵の移送機構に関する研究—III
卵・仔魚期の移送拡散について

有薗 真琴*・松浦 秀喜**

Research on Transportation and Distribution of Eggs of Cultured Red Sea Bream-III. Transportation and Diffusion of Eggs and Larvae in Relation to Current Pattern

Makoto ARIZONO* and Hideyoshi MATSUURA**

The authors had investigated the influence of the spawning of pen-cultured red sea bream, *Pagrus major*, to the wild populations in Senzaki Bay, Yamaguchi Prefecture, from 1975 to 1977. In the previous papers, the spontaneous spawning[1], and the egg and larval distribution[2] were reported. In the present paper, we describe the transportation and diffusion of eggs and larvae with the flow pattern of the bay, and estimate the amount of eggs and larvae added to the wild populations from the pen throughout one spawning season.

1) The sea water flow pattern of Senzaki Bay varied widely from the surface layer to subsurface layers. In the surface layer the drift current was usually dominant, while in the subsurface and deeper layers the tidal current was prevailing. The surface current speed was closely related to the wind, and was nearly 3 to 5 per cent of the wind speed. In the middle and deeper layers, the current speed measured 2 to 3 cm/sec in the inner part of the bay, and 4 to 5 cm/sec in the central and mouth parts.

2) Following a patch of eggs dyed in the laboratory and released to the sea, the egg transportation appeared to be mainly controlled by the current, and the diffusion to be influenced by the shear effect. The egg density at the center of the patch decreased with diffusion according to the time elapsed. That can be approximated with the following equation: $S_{(t)}=S_{(0)}t^{-k}$

昭和56年12月1日受理 (Received December 1, 1981)
西海区水産研究所業績 第391号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 391)
*山口県下関水産事務局 (Yamaguchi Prefectural Shimonoseki Fisheries Secretariat)
**山口県外海水産試験場 (Yamaguchi Prefectural Gaikai Fisheries Experimental Station)

where $S_{(0)}$ and $S_{(t)}$ denote the density of the eggs (no./m^3) at the time 0 and t hours after the release, and k is the constant, which is calculated as 2.9 in average.

The egg densities obtained in the sea varied widely from one release experiment to another.

These variations could be explained by the multiple factors affecting the shear in such a closed environment as Senzaki Bay.

3) The egg density (no./m^3) decreased with the distance from the cultured pen. The correlation between them is sufficiently approximated by the following equation: $S_{(x)}=S_{(0)}\ exp\ (-DX)$
where $S_{(0)}$ and $S_{(x)}$ denote the density of the eggs at the distance of 0 and x meters from the pen, and D is the decreasing coefficient. Usually, the egg patches were found to be transported outward through the surface layer at a speed of 2 to 7 cm/sec. The decreasing coefficient determining the egg distribution were in the order of 10^{-3}/m.

4) The total number of eggs spawned in the cultured pen during one season was approximately estimated as 3×10^{10}. In Senzaki Bay, based on the density ratio between newly spawned eggs and one-day eggs, it was estimated that in the period of 24 hours 45 per cent of the eggs remain within the bay, and the remainder flow out or die.

The eggs of red sea bream hatch out approximately two days after spawning. Therefore, the proportion of the eggs that hatch out within the bay was calculated at about 14 per cent. This implies that about 4.3×10^9 newly hatched larvae are added into the bay from the cultured pen during one spawning season.

はじめに

前二報[1),2)]において筆者らは，マダイ養殖場の存在する仙崎湾および隣接する深川湾を対象として，養殖マダイの産卵実態，産出卵の移動分布を明らかにし，それらを天然生息魚類の卵・仔稚魚分布と比較することによって移送機構の推察を行った．

本報では，染色卵を用いた移送・拡散に関する小実験を行い，養殖場産出卵の移送について海水流動に基づく解析を試み，若干の知見が得られたのでここに報告する．

なお，卵の移送・拡散に関する報告は宇田[3)]，浅見[4)]，平野[5)]などいくつかみられるが，内湾域における移送様式についての研究は少なく，大内ら[6)-8)]が引津湾で筆者らと同一目的で行った例を除くと，きわめて知見に乏しい．しかしながら，この種の研究は産卵場造成や受精卵放流などによる資源培養方式を検討する上で重要な意義を持つものと考えられ，今後の発展が望まれるところである．

本論に入るに先だち，西海区水産研究所佐藤重勝所長，同下関支所矢野実支所長ならびに山口県外海水産試験場井上泰場長には発表の機会を与えていただきかつ懇切なる校閲を賜った．元東海区水産研究所土井長之博士，水産大学校俵悟助教授，林健一博士には本稿のとりまとめにあたり細部にわたる御指導をいただいた．また，山口県外海栽培漁業センターには多量の実験用マダイ卵の提供をいただいた．以上の方々に対し敬意と深謝の意を表す次第である．

材　料　と　方　法

解析に用いた資料は1975年から３年間行われた「資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究」（マダイ特別研究，農林水産技術会議）で得られたもので，その調査方法等については前二報[1),2)]で報告したとおりである．なお，そこでは論及しなかった仙崎湾の流況調査と染色卵放流実験の２項目については，以下に述べる方法で行った．

1．仙崎湾における流況調査

1976年と1977年の両年にマダイの産卵時期（４～６月）に合わせて水域別（Ⅰ，Ⅱ水域）に海流板を用いて海水の流動調査を行った（図１）．海流板は事前に３種類の抵抗板の規格を作成し，卵の移動とほぼ一致する動きを示した型を用いた（図２）．表層（0.6m）と中層（10m）の二層について潮時，風向別に観測を実施した．海流板の位置測定は陸上基点から六分儀による測角法で行い，調査時における風向・風力は簡易風向風速計とビューフォート風力階級表に基づく目視により観測した．

1977年４月にⅠ水域８定点，Ⅱ水域25定点において塩分・透明度の調査を行った（図３，４）．塩分に関

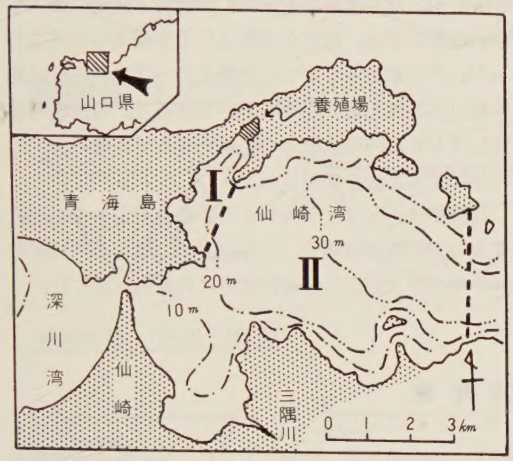


図１　調　査　水　域

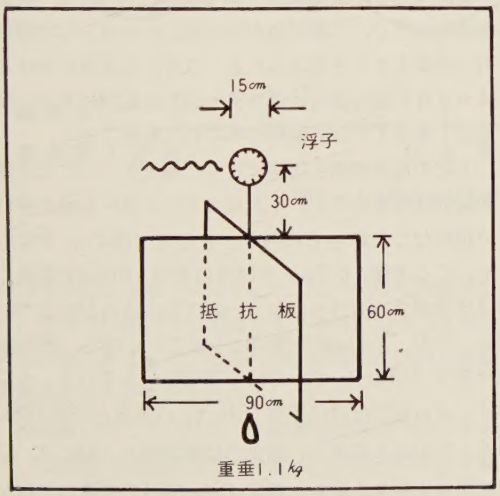


図２　流況調査に用いた海流板

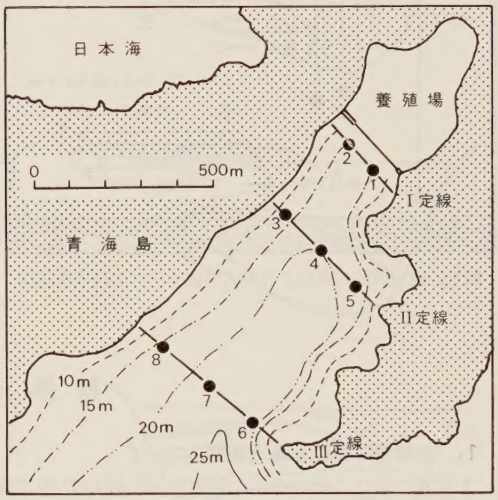


図３　Ⅰ水域における塩分，流向の調査定点

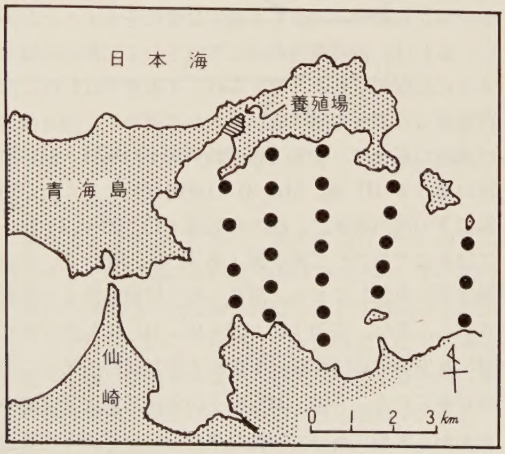


図４　Ⅱ水域における塩分，透明度の調査定点

してはⅠ水域で5層（0.15，1，5，10mおよび底層），Ⅱ水域で2層（1，10m）についてMC—5型携帯用塩分計で測定，さらにその一部をサリノメーターの測定によって補正した．透明度はセッキー板を用いて通常の方法で観測した．また，Ⅰ水域の流向調査は吹流式潮流テープを試作し，表～中層の3層（0.5，2.5，4.0m）について観測した（図5）．

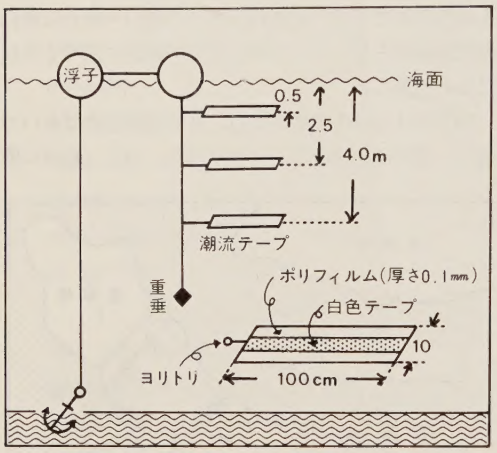


図5 流向測定に用いた吹流式潮流テープの設置模式図

2．染色卵放流実験

山口県外海栽培漁業センターの陸上水槽で自然産卵した卵を産卵時間帯に排水口でゴース網により採卵して500ℓパンライト水槽に収容した．その卵を翌日放流実験開始まで止水状態でエアーレーションを行い，死卵・沈下卵を除いて染色した．

1976年5月中・下旬に放流した卵はニュートラルレッド0.05～0.1%に30分間浸漬し，1977年5月上・下旬に放流した卵はミカシオン染料0.05%に10分間浸漬した．各実験時の放流卵量は表2に示した．

放流卵の採集には口径71.5cm，測長200cm，網地—NGG 54・38の稚魚網を用い，卵放流と同時に投入した海流板の流跡，位置を基準として表層水平採集を行った．えい網方法としては定線上で一定時間毎に採集を繰り返し漂着量の変化を調べる方法と，海流板を追跡しながら随時海流板との距離を変えて任意の方向にえい網する方法を併用した．

採集卵はニュートラルレッドの場合固定すると退色するので生卵の状態で，ミカシオンの場合5～10%ホルマリン液で固定した後研究室に持帰り計数した．

結果および考察

1．仙崎湾における海水流動について

Ⅰ水域における塩分分布の鉛直断面の経時変化（図6）の例に見られるように，この水域は，鉛直的な塩分分布が複雑で，しかも不規則な変化を示すことが多い．これは，仙崎湾湾奥部に形成される三隅川系低かん水に起因するものと考えられ，Ⅰ水域ではしばしば西岸寄りの表～中層に低かん水が出現する．図6は下げ潮時の場合で，初期（観測時刻10：54～11：54）に湾口部（第Ⅲ線，Stn. 8）の底層付近にみられた33‰以下の河川系水は，次の時間帯（13：03～13：55）にはそこで消失して湾央部（第Ⅱ線，Stn. 3）の表層付近に出現しており，湾奥へ向う移動と浮上が推察される．また，末期（16：00～16：34）にも湾口部のStn. 8中層付近に33‰以下を示す新たな河川系水の出現がみられる．一方，34‰以上の外洋系水は下げ潮の初期から末期にかけて急深な東岸の底層を徐々に後退しているのが分かる．つまり，本水域の下げ潮時における一連の動きは，底層にみられる外洋系水の東岸寄り流出に対し，その補流として表～中層を湾奥へ向かう流れが生じ，三隅川系水は分離した水塊として西岸寄りを流入すると考えられる．なお，本水域における4～6月の塩分濃度は通常31～34‰の範囲にあり，30‰以下を示すのは大雨時にみられる程度である．

上記の塩分観測と同時に行った潮流テープによる流向調査結果をみると，Ⅰ水域における表～中層の流れの複雑なことがさらに明らかとなる（図7）．すなわち，ごく表層（0.5m）では湾口西岸（Stn. 8）を除くほぼ全域で，湾外へ向かう一定方向の流れが生じている．一方，2.5m層の流向は一様でなくなり，湾央東岸寄り（Stn. 4，5）では停滞現象もみられる．さらに，4m層では湾口東岸（Stn. 6）の流出と西岸（Stn. 8）での流入があり，湾央では東岸寄り（Stn. 4，5）の湾奥に向かう流れと西岸（Stn. 3）での湾口に向かう流れが生じている．以上の結果を総合すると，表層

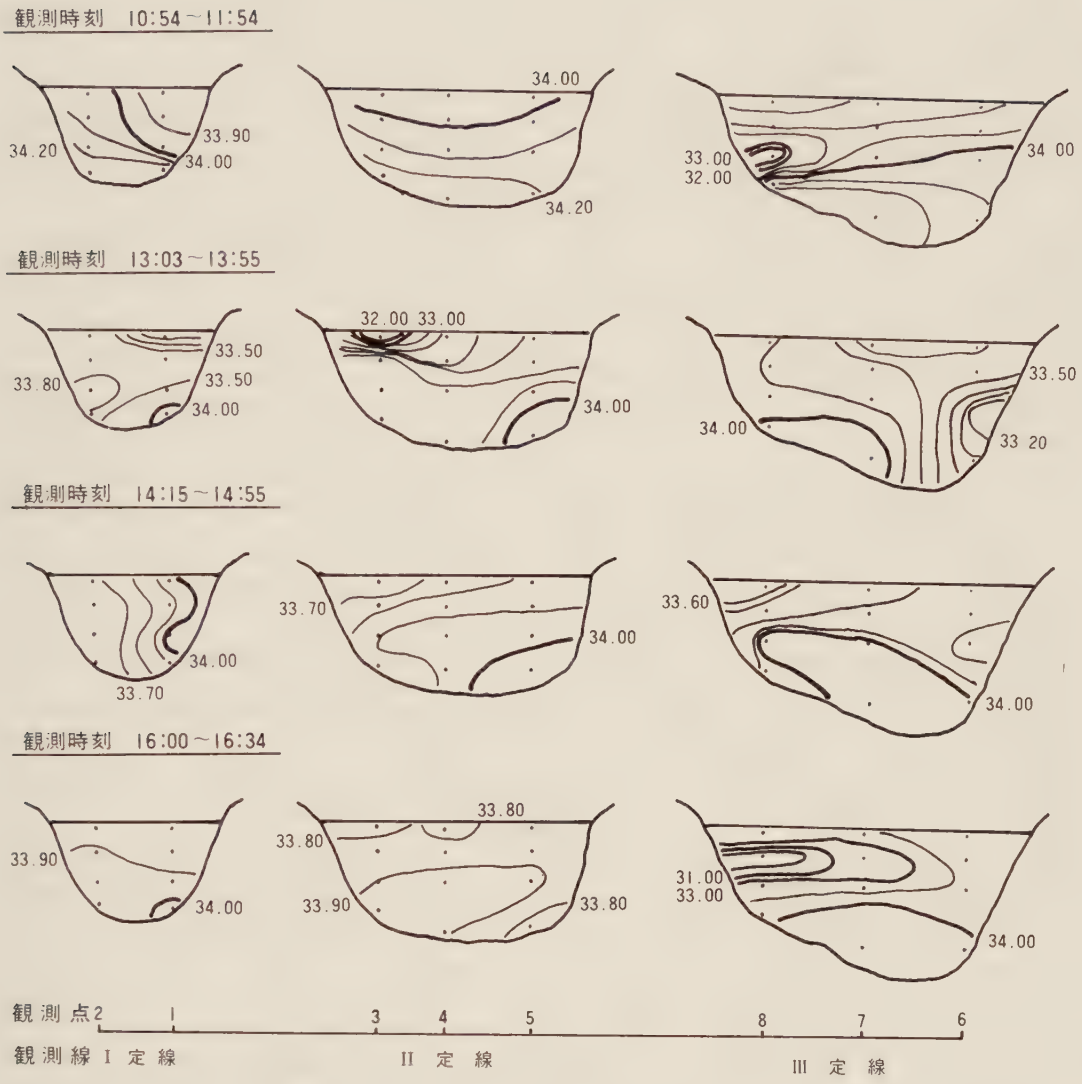


図6 I水域における鉛直断面の塩分分布（1977.4.4）

では当日の北東風（風力1）による一様な吹送流が生じ，中層では潮汐流に起因する東岸寄りの流出と西岸寄りの流入によって，湾口～湾央付近で時計回りの渦流が生じたことが分かる．

海流板によるI水域での流動調査結果についてみると，風が吹く場合の表層（0.6m）の流向はすべて風下側に一致し，見掛け上は潮時との関連性はみられない(表1)．しかし，表層の流速については同一の風でも潮時によって違いがあり，例えば SW 0～1 の風に対応する上げ潮時の流れは NE 2.8cm/sec，下げ潮時の流れは NE 4.4 cm/sec となり，下げ潮時の方がかなり速くなっている．これは，上述のように下げ潮時の表～中層には湾奥に向かう補流が存在するため，風との相互作用で速くなったものと考えられる．また，無風時の流れは1976年4月21日の例で示されるように，2.0 cm/sec と非常に小さく，潮汐流を反映して

図7 I水域における層別流向の経時変化（1977.4.4） 矢印は流れの方向のみを示し，黒丸は方向を観測できる流速の認められない点を示す．

いる．以上のように，表層流は潮汐と風の相互作用によってきまるが，本水域では潮汐流が小さいために風の影響が強く現われる．その流速は潮時によって幾分異なり下げ潮時の方が速くなる傾向が認められるが，平均的には風速の3.5%を示し，これまでの吹送流に関する知見[9),10)]とほぼ一致した値であった．一方，中層（10m）の流れについては潮汐変化と対応し，上げ潮時には湾奥に向かう流れ，下げ潮時には湾口に向かう流れを形成するが，その流速は通常 1～3cm/sec と非常に小さいことが分かった（図8）．なお，海流板の流跡図で明らかなように，潮汐流は上げ潮時よりも下げ潮時の方が一般に複雑で，下げ潮時には西岸寄

表1　Ⅰ水域における表層流と風向・風力の関係

年月日	潮時	表層流 流向	表層流 流速 (cm/sec)	風 風向	風 風力
1976. 4.21	上げ潮	NNE	2.0	—	0
5.18		NE	2.8	SW	0～1
5.24		SSW	5.1	NE	1～2
4. 9		SW	5.9	NE	1～3
1977. 5.25	下げ潮	NE	4.4	SW	0～1
4. 4		SW	5.3	NE	1
5.24		SW	4.9	NE	1～2
4.26		NE	6.3	SW	2～3

りの流入と湾口東岸寄りの流出によって湾口～湾央付近で時計回りの渦流が生ずる．

以上の結果に基づいてⅠ水域における湾軸断面での流動パターンを想定すると，1 m以浅の表層では通常風の影響が強く現われ，中層以深では潮汐流が主体となり，流況は潮汐と風の相互作用によって変化すると考えられる（図9）．

Ⅱ水域の一般的な海況は，潮時別の層別塩分分布

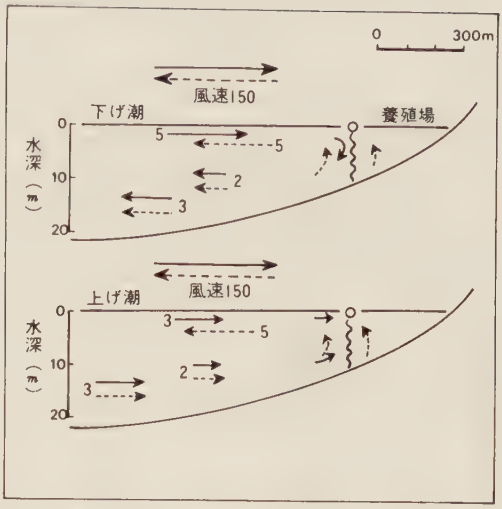


図9　Ⅰ水域における鉛直断面の流動パターン　図中の数値は速度（cm/sec）を示し，流向は風向の実線と点線にそれぞれ対応する．

（図10）にみられるように，湾奥部に三隅川由来の低かん水が分布し，上げ潮時には顕著な不連続線が形成

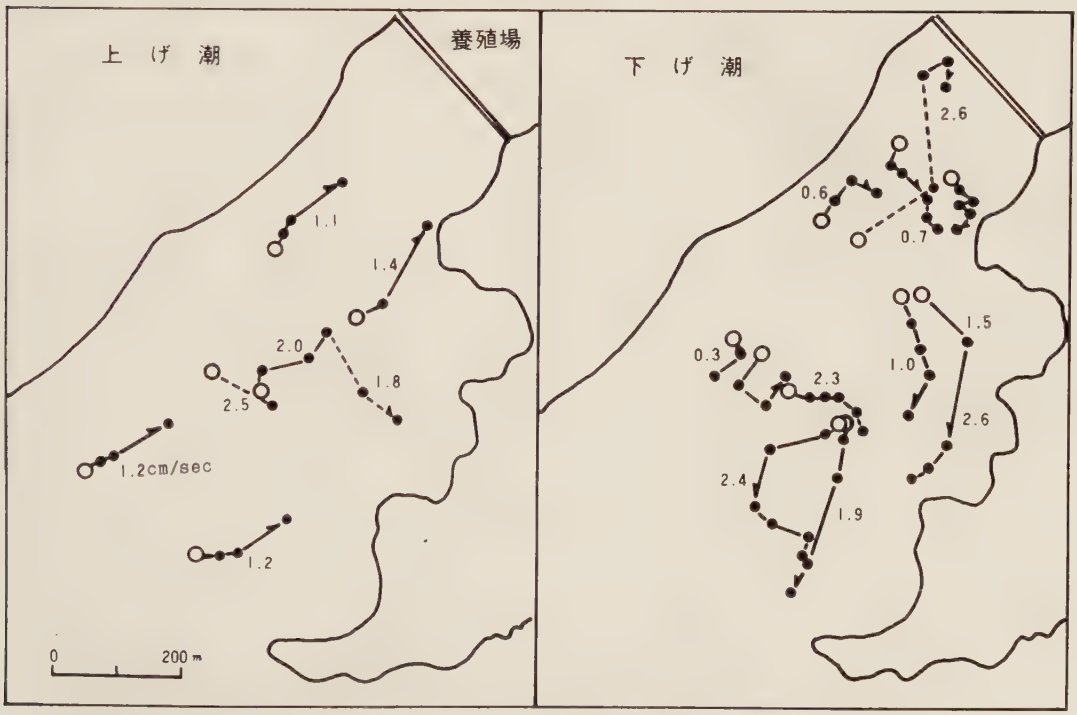


図8　Ⅰ水域における10 m層の海流板の流跡　図中の数値は推定流速を示す．

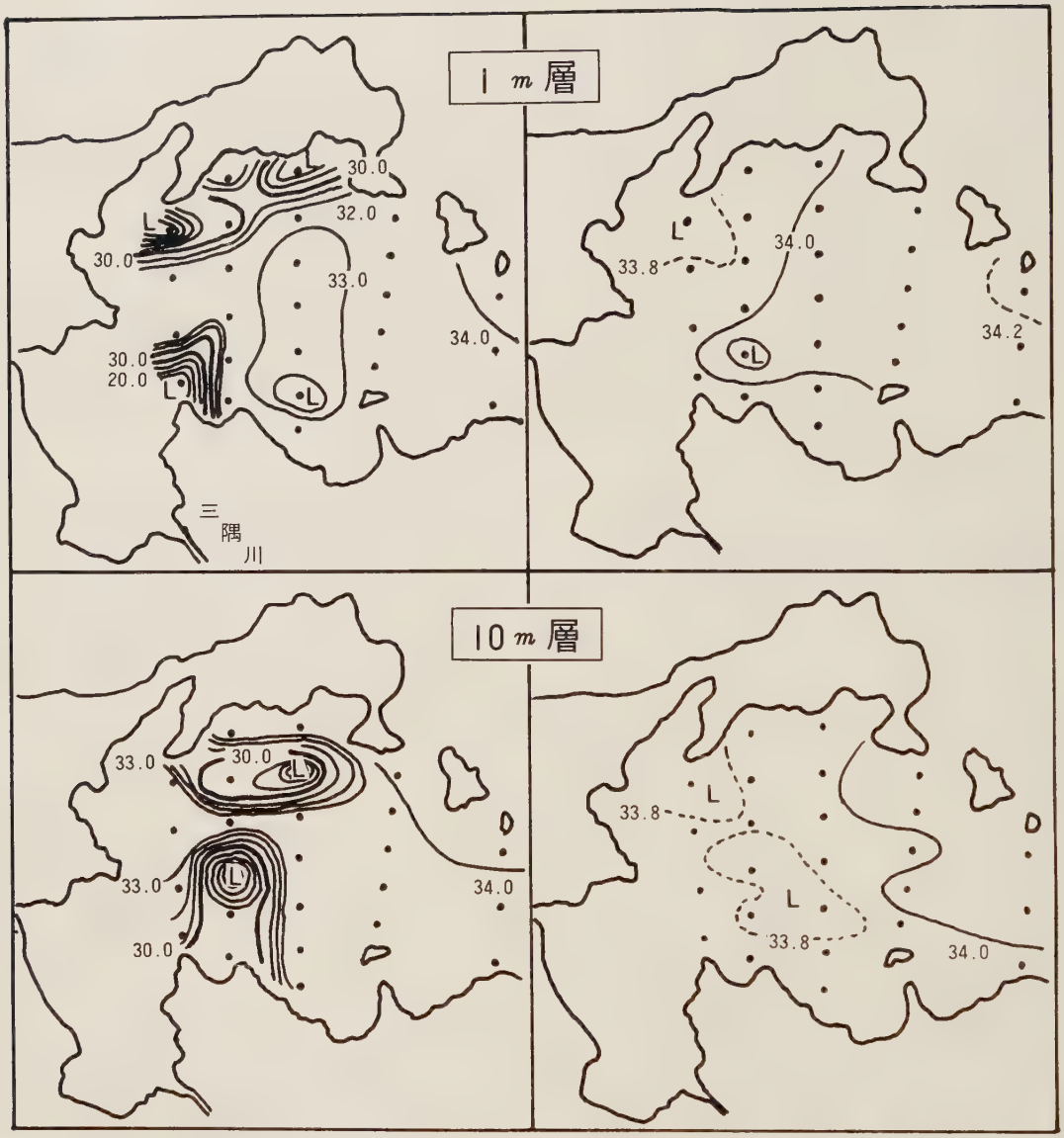


図10 Ⅱ水域における塩分分布（1977.4.21）

される．この低かん水は，潮時により収縮・拡大を繰り返す過程で外洋系水と混合しながら湾外へ拡散して行くが，通常は青海島南岸（湾北側）に沿って表～中層を時計回りに湾外へ流出しているようである．

潮時別の透明度分布（図11）は，上げ潮時には湾南岸に沿うように分布する低透明度水域（11m以下）が，下げ潮時には湾央～湾口にかけて広がる．このように，Ⅱ水域の水塊配置は一般的に上げ潮時において湾口から流入する外洋系水と湾奥の河川系水の二つに分かれ，下げ潮時にはそれらが混合しながら湾外へ拡

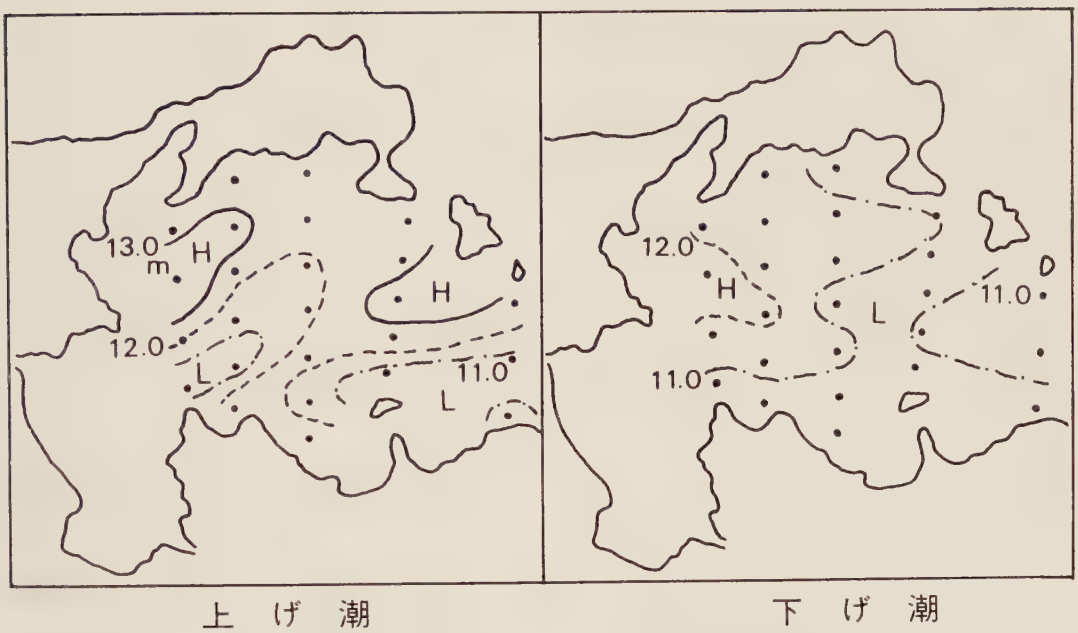


図11　Ⅱ水域における透明度分布（1977.4.21）

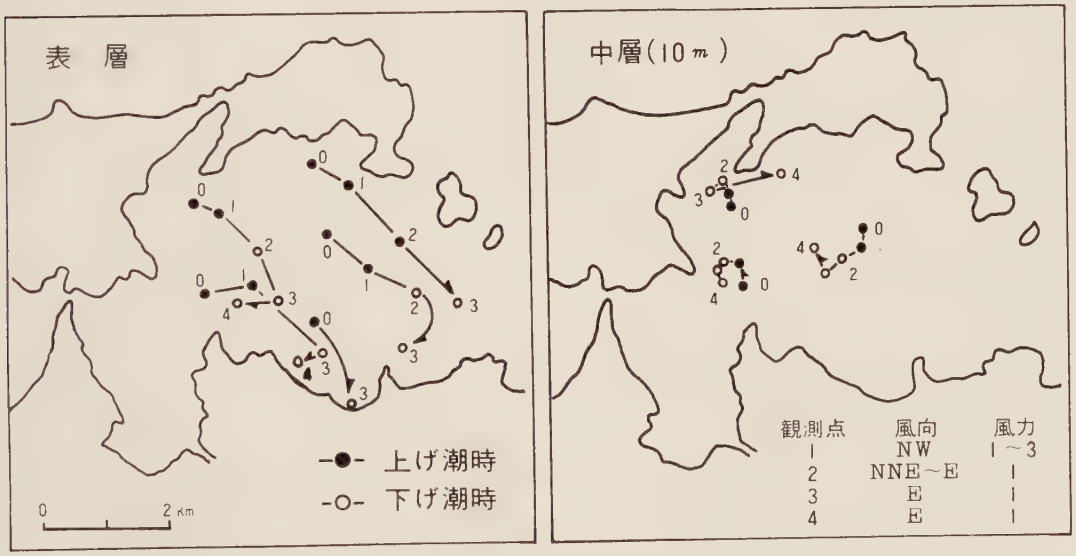


図12　Ⅱ水域における海流板の流跡（1977.4.21）　図中の数値0が投入点を示し，順次観測位置を示す。

散してゆくと考えられる．このことはⅡ報[2]で述べたマダイその他の仔稚魚分布の定点間の類似度（木元の重複度指数[11]）にも同様な現象がみられ，上げ潮時に高く下げ潮時に低い類似度が下げ潮時の複雑な水塊移動を示唆しているものと推察される．

海流板によるⅡ水域での流動調査結果（図12）につ

いてみると，表層ではⅠ水域と同様に吹送流の卓越することが分かり，その流速は平均で風速の4.7%の値を示した．中層以深については調査が不十分で不明な部分が多いが，塩分分布等を考慮してその流れを推定すると，湾央～湾口部での潮汐流は 4～5cm/sec 程度の流速があり，その動きは往復運動に近いようである．なお，湾奥部は滞留の起こり易い地形的特性を有しており，かなり顕著な潮目の形成がみられる．

以上の流況調査結果は俵ら[12]が油谷湾で認めたと同様に流況，水塊分布が風によって大きく変化することを示している．特に，本湾の表層では吹送流が主体をなしていると判断されることから，表層に浮遊する卵・仔魚の移送・拡散はその影響を強く受けるものと推察される．すなわち，本湾の地形特性からすると北～西寄りの風が強い年は湾外への移送効果が助長され

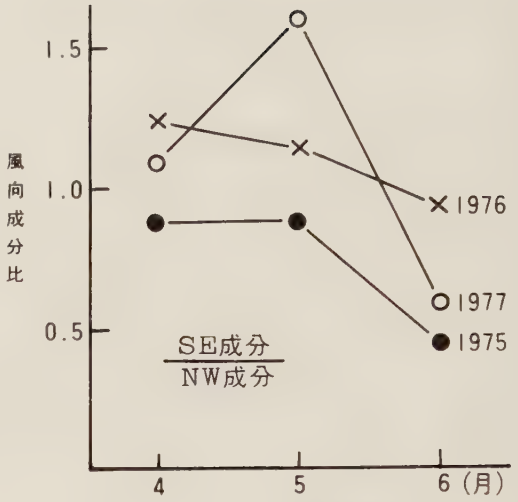


図13 各年における月別風向成分比

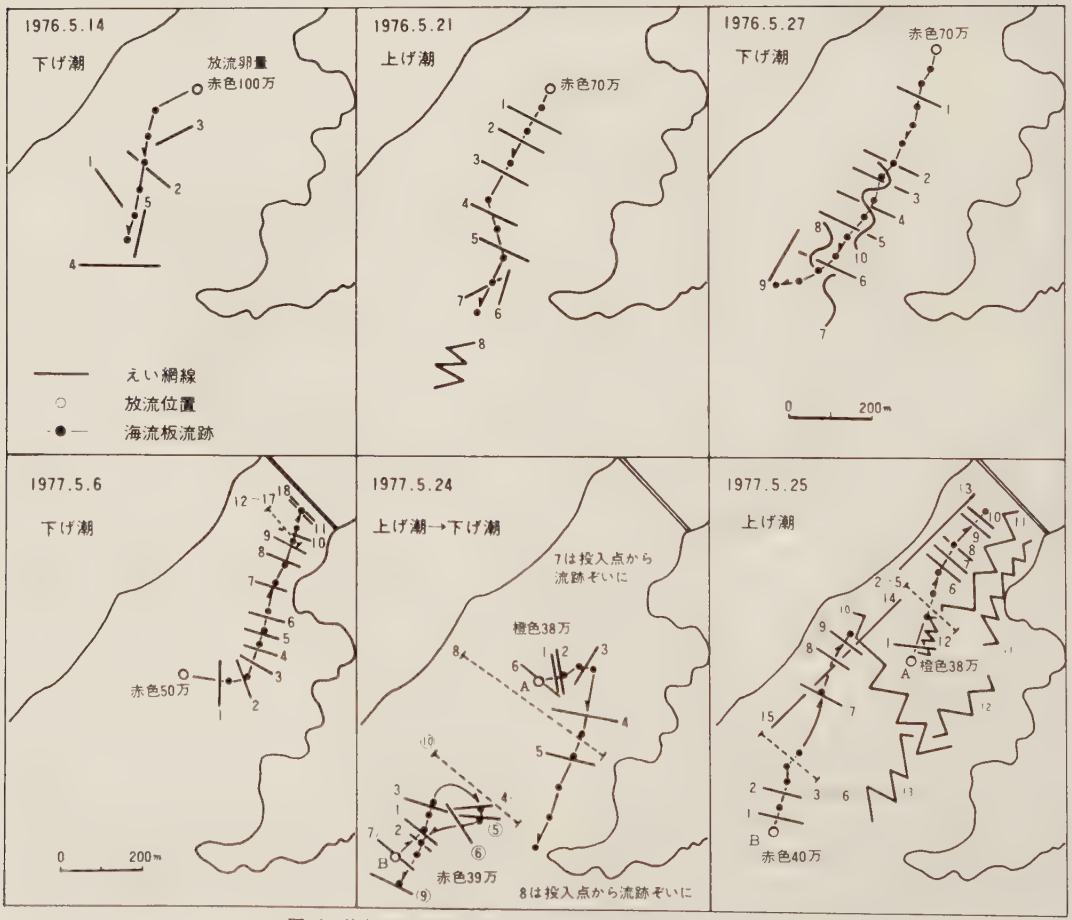


図14 染色卵放流実験におけるえい網線と海流板の移動図

表2　I 水域における染色卵放流追跡結果

年	月日（放流卵量）	えい網線番号	経過時間（分）	染色卵分布密度（N/m³）	海流板距離（m）	風向	風力
1976	5月14日 (1.0×10⁶)	1	37	0	+1500	E	0〜1
		2	44	0	+ 400	〃	〃
		3	51	0		〃	〃
		4	61	0		〃	〃
		5	67	0	+ 600	〃	〃
		6	76	0		〃	〃
	5月21日 (7.0×10⁵)	1	11	0.11	+ 30	NE	2〜3
		2	20	34.01	+ 1	〃	〃
		3	32	2.43	+ 10	〃	1〜2
		4	38	0.29	+ 30	〃	0〜1
		5	43	1.79	+ 2	無風	
		6	52	0.42		〃	
		7	62	0.25		〃	
		8	72	0.12		〃	
	〃 (7.0×10⁵)	1	37	0	− 800	N	0〜1
		2	43	0.16	+ 5	NE	1
	5月27日	3	50	0.13	− 5	〃	〃
		4	57	0	− 15	〃	〃
		5	66	0	− 5	〃	〃
		6	76	0	− 50	〃	2
		7	84	0		〃	〃
		8	92	0.01		〃	〃
		9	109	0		〃	〃
		10	121	0		〃	〃
1977	5月6日 (5.0×10⁵)	1	10	126.35	5	W	2
		2	20	33.81	− 2	〃	〃
		3	30	14.28	− 3	〃	〃
		4	40	21.23	− 2	〃	〃
		5	50	30.11	− 1	〃	3
		6	60	29.75	− 1	〃	〃
		7	70	16.05	− 1	〃	〃
		8	80	4.43	+ 1	〃	〃
		9	90	0.18	− 1	〃	〃
		10	100	0.14	− 1	SW	4
		11	110	1.01	+ 1	〃	〃
		12	117	1.41		〃	〃
		13	125	1.21		〃	〃
		14	137	2.34		〃	〃
		15	149	3.04		〃	〃
		16	170	2.34		〃	〃
		17	197	1.28		〃	4〜3
		18	213	0.50		〃	〃

年	月日（放流卵量）	えい網線番号	経過時間（分）	染色卵分布密度（N/m³）	海流板距離（m）	風向	風力
1977	5月24日 A (3.8×10⁵)	A−1	21	4.22	− 1	NE	0〜1
		2	41	0.17	− 50	〃	〃
		3	61	0.16	− 1	〃	〃
		4	120	0	− 1	〃	〃
		5	135	0	+ 1	〃	〃
		6	150	0		〃	〃
		7	165	0.12		〃	〃
		8	191	0		〃	〃
	B (4.0×10⁵)	B−①	20	0.12	− 1	N	0〜1
		②	40	0.31	− 50	NE	〃
		③	60	0	− 1	〃	〃
		④	120	0.10	− 1	〃	1
		⑤	127	0.02	+ 3	〃	〃
		⑥	135	0.02	− 2	〃	〃
		⑦	150	0		〃	〃
		⑧	165	0.05		〃	〃
		⑨	172	0	+ 2	〃	〃
		⑩	190	0		〃	〃
	5月25日 A (3.8×10⁵)	A−1	10	0.03	− 40	SW	1〜2
		2	20	0.05	− 1	〃	〃
		3	32	0.02	− 60	〃	〃
		4	35	0.02	− 80	〃	〃
		5	42	0	− 100	〃	〃
		6	50	0	− 1	〃	〃
		7	57	0.03	+ 3	〃	〃
		8	65	0.03	− 1	〃	〃
		9	75	0	+ 50	〃	〃
		10	83	0	+ 5	〃	〃
		11	92	0.01		〃	1
		12	110	0		〃	〃
		13	217	0		〃	〃
		14	243	0		〃	0〜1
		15	273	0		〃	〃
	B (4.0×10⁵)	B−①	10	71.91	− 2	SW	1〜2
		②	25	40.98	− 2	〃	〃
		③	35	0.07	+ 50	〃	〃
		④	45	0.83	+ 2	〃	〃
		⑤	55	0.35	− 10	〃	〃
		⑥	65	0	− 100	〃	〃
		⑦	80	0.07	− 2	〃	〃
		⑧	95	0	+ 4	〃	〃
		⑨	105	0	− 2	〃	〃
		⑩	115	0.11		〃	〃
		⑪	226	0		〃	〃
		⑫	254	0.01		〃	〃
		⑬	282	0		〃	〃

て養殖場で産出されたマダイ卵・仔魚の湾内残存量が少なくなるが，南～東寄りの風が強い年にはその量も多くなるものと想像される．

本地域の4～6月における風向成分は頻度においてSSE と NNW が卓越するが，その傾向は年によって幾分異なっている．1975～'77年の3ケ年について SE 成分と NW 成分の比を年別に比較すると，1975年は4～6月を通じて NW 成分の強かったこと（1.0以下の値）が，また，1977年の5月には SE 成分の卓越したことが特徴としてうかがえる（図13）．つまり，これを吹送流の卵・仔魚に対する移送効果の面から考えると，1975年4～6月には湾外への移送効果が強く働き，1977年の5月には逆に湾内残存効果が強かったことが考えられる．

2．染色卵放流に基づくマダイ卵の移送・拡散様式について

マダイ卵の移送は，Ⅱ報で述べたように浮遊卵であることから主に表層流によって行われると考えてよいが，上述のような湾内の流況からみて，移送過程はかなり複雑だろうと想定される．そこで，その過程を実験的に把握すべく，染色卵を放流して稚魚網により採集した結果を追跡過程と採集量として示した（図14，表2）．

染色卵の移動方向は，その採集量が同時放流した表層用（0.6m）海流板に近い位置でえい網する程多くなる傾向のみられたことから，表層の流向に一致すると考えられた．また，その平均移動速度についても表層流速にほぼ一致しており，1977年5月6日の例では表層流速の 5.1cm/sec に対し，5.4cm/sec の値が推定された．

一方，その拡散様式については，船上からの目視観察の際，卵パッチが流軸方向（多くは風向と同一方向）に細長く変形するのがみられたことから，シア効果が働いているように考えられた．ちなみに，岸に近い二次元のシア拡散では，一般にパッチの中心濃度が $t^{-2.0}$ に比例して減少すると言われている[13),14)]．そこで，染色卵における場合を3回の実験で得られた結果（表3）に基づいて，次式による解析を試みた．

$$S_{(t)}=S_{(0)}\,t^{-k} \quad \cdots\cdots(1)$$

$S_{(0)}$；放流時の卵密度（粒/m³）

$S_{(t)}$；t 時間後のパッチの中心密度（粒/m³）

k　；定数

表3　染色卵放流実験における移送条件と放流卵量

項目 ＼ 年月日		1976. 5.21	1977. 5. 6	1977. 5.25
風	風向	NE	W	SW
	風力	0 ～ 2	2 ～ 3	1 ～ 2
表層流	流向	SW	NNE	NNE
	流速(cm/sec)	11.5	5.1	6.6
潮時		上げ潮	下げ潮	上げ潮
放流卵量（×10⁴）		70	50	40

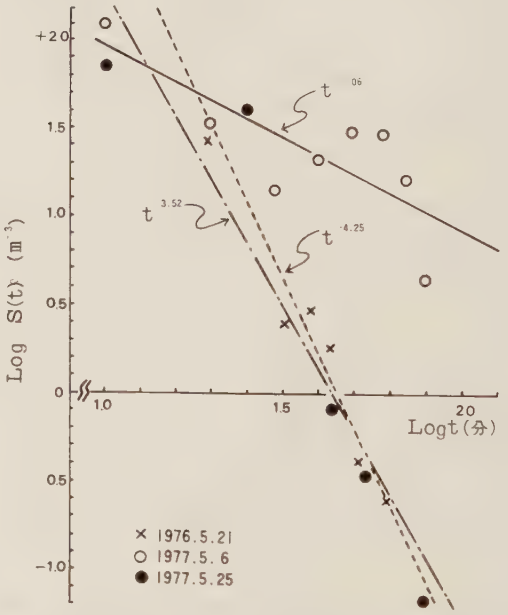


図15　染色卵放流におけるパッチの中心濃度の時間的変化

その結果実験間の変異が大きいものの，短い時間スケール内での個々の卵拡散においては，(1)式の関係がよく成立する（図15）．ここで実験間の変異が大きいのは，パッチの中心を海流板の位置から推定して解析したためで，その位置のずれにともなって定数 k も必然的に高い値（平均値で2.9）を示す結果になったものと推察される．例えば，1977年5月6日の拡散様式がやや特異的であったのは，海流板が移動途中で約90度の方向転換（風向と流向のずれ）をしたことに起因するものである．このように，内湾域における拡散ではシアを与える要因が多いことから，時空間の違いによって k 値が異なるのはむしろ当然なことであるのか

も知れない．

3．養殖場産出卵の移送・拡散について

養殖場から産み出されたマダイ卵が実際にどのように移送・拡散されているかを把握するために，Ⅱ報[2]で示したⅠ水域での産卵時間帯（16～24時）における卵の分布実態に基づいて，以下に示す二，三の解析を試みた．その結果，卵の分布密度は養殖場からの距離と高い相関を示し，次式によく近似することが分かった（図16）．

$$S_{(x)}=S_{(0)}\,exp\,(-DX)\cdots(2)$$

$S_{(0)}$；養殖場内卵密度（粒/m³）

$S_{(x)}$；養殖場から x（m）離れた場所の卵密度（粒/m³）

D　；1 m当りの密度変化係数

表4にその解析結果を示し，当日産出卵の外，前日および前々日産出卵についてもあわせて示した．これ

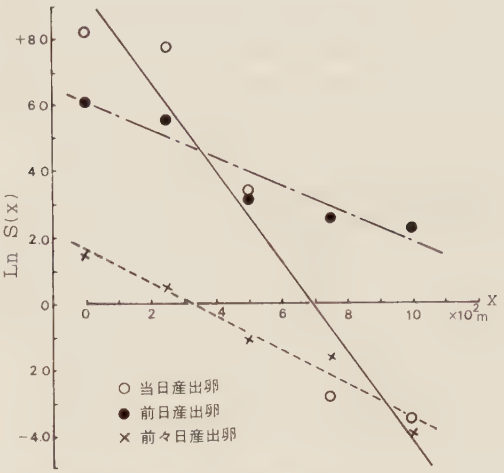


図16　産卵時間帯における養殖場からの距離（x）と卵分布密度（$S_{(x)}$）の関係（1976年5月14日のデータによる）

表4　Ⅰ水域における産卵時間帯の卵分布の解析（$S_{(x)}=S_{(0)}e^{-Dx}$）

年月日＼産卵日＼項目		初期卵分布密度〔So〕（卵量/m²）	密度変化係数〔D〕（×10⁻³/m）	相関係数〔$r_{s\ x}$〕	産出卵量（×10⁴）
1976.4.28	E(0)	158.6	6.68	−0.9765	1,264
	E(1)	20.3	3.49	−0.9326	—
1976.5.6	E(0)	1,219.8	9.73	−0.9091	7,915
	E(-1)	8.0	1.88	−0.9345	—
1976.5.14	E(0)	11,981.6	13.59	−0.9613	67,827
	E(-1)	432.8	4.22	−0.9530	—
	E(-2)	5.1	5.13	−0.9821	—
1977.5.20	E(0)	883.4	7.33	−0.9616	6,647
	E(-1)	485.0	4.74	−0.9722	—

E(0)は当日産出卵，E(-1)は前日産出卵，E(-2)は前々日産出卵を示す．

によると，産卵時間帯における当日卵は移送・拡散が進んでいないために密度勾配（D；密度変化係数）が大きいが，前日および前々日卵ではその勾配が小さくなり，経過時間が長くなるほど密度勾配の小さくなる傾向がみられた．また，各調査日における卵分布密度の中心を追跡したところ，養殖場から1 km離れた場所にその中心が出現するのは6～8時間後[2]であったことから，その移動速度は 3.5～4.6cm/sec 程度となり，本水域の通常の表層流速（2～7 cm/sec）の範囲内にあることが分かった．

そこで，染色卵の拡散で示した(1)式とここで示した(2)式の相互関係を明らかにすると次のようになる．(2)式において，産出された卵パッチが x の距離に達するまでに平均 t 時間を要したとすると，$x=\bar{v}t$（$\bar{v}$；卵の平均移動速度）となり，(2)式は次式に改められる．

$$S_{(t)}=S_{(0)}\,exp\,(-D\bar{v}t)\quad\cdots\cdots(3)$$

また，その両辺の対数をとると上式は，

$$lnS_{(t)}=lnS_{(0)}-D\bar{v}t\quad\cdots\cdots(3)'$$

となる．

一方，(1)式の両辺の対数をとると，

$$lnS_{(t)}=lnS_{(0)}-klnt \cdots\cdots\cdots\cdots(1)'$$

となるから，(1)'式及び(3)'式から

$$D=\frac{k}{\bar{v}}\cdot\frac{lnt}{t} \cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

の関係式を得る．つまり，(4)式における k と $\bar{v}$ を一定とすると，D は時間 (t) の経過にともなって限りなく0に近づくことを意味している．

そこで，D のとりうる範囲を経過時間で1日後 (D_1) と2日後 (D_2) において推定するため(4)式に $k=2.0$ (二次元シア拡散の理論値) と $\bar{v}=2\sim7$ cm/sec (通常の卵移動速度) を代入して計算すると，$D_1=(3.8\sim13.2)\times10^{-5}$ (cm^{-1}) および $D_2=(2.0\sim7.0)\times10^{-5}$ (cm^{-1}) を得，その範囲は表4で示した実測値に基づく範囲 (単位；m^{-1}) にほぼ等しいことが分かる．つまり，養殖場から産み出されたマダイ卵のI水域における分布密度は，その産卵量と湾外に向かう表層流速 (平均流速) が把握されれば，(4)式を(2)式に代入することによって，ある程度推定可能であることが示唆された．

一方，調査当日の産出卵量を推定するために，I水域 (養殖場仕切網から湾口にかけての距離1500m間) を6分画して次式による解析を行い，その結果を表4にあわせて示した．

$$Q_{(t)}=S_{(0)}V_{(0)}+\sum_{n=1}^{6}\frac{V_{(n)}}{250}\cdot\frac{S_{(0)}}{D}\{exp[-250(n-1)D]-exp(-250nD)\} \cdots(5)$$

$Q_{(t)}$ ；ある日の産卵量 (粒)

$S_{(0)}$ ；養殖場内卵密度 (粒/m^3)

$V_{(0)}$ ；養殖場内の卵分布容積 (m^3)

$V_{(n)}$ ；各分画の卵分布容積 (m^3)

D ；1m当りの密度変化係数

これによると，1976年5月14日の産出卵量が著しく多く，当日には約6.8億粒が産出されたことになる．なお，I報で報告したように，1976年にはこの時期が産卵盛期であったと考えられる．

産卵期間を通じての総産卵量の推定については，産卵量の時期的変化が正規分布型になるという仮定に基づき，次式によって解析した．

$$Q_{(t)}=Q_{(0)}\,exp(-h\cdot\frac{t^2}{2}) \cdots\cdots\cdots\cdots(6)$$

$$TQ=\int_{-\infty}^{+\infty}Q_{(t)}dt=Q_{(0)}\sqrt{\frac{2\pi}{h}} \cdots\cdots\cdots\cdots(7)$$

$Q_{(t)}$ ；ある日の産卵量 (粒)

$Q_{(0)}$ ；産卵ピーク日の産卵量 (粒)

TQ ；総産卵量

t；産卵ピーク日からの日数

h；分布型に係わる定数 ($h>0$)

図17はI報で報告した養殖場におけるマダイ卵採集数の時期別変化を示したもので，採集回数の最も多い1976年の資料に基づき5月14日を産卵ピーク日と仮定して解析した．これによると，$h=3.13\times10^{-3}$ が求められ，上述のように $Q_{(0)}=6.78\times10^8$ とすると，総産卵量 (TQ) は(7)式から 304×10^8 (粒) と算出される*．

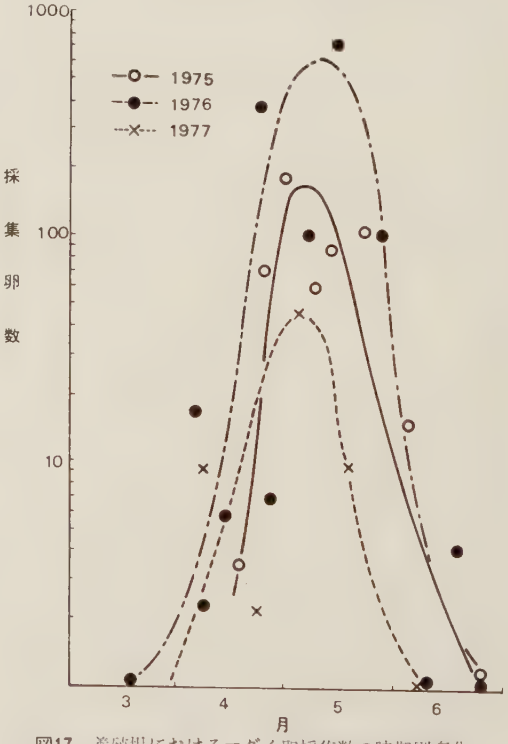


図17　養殖場におけるマダイ卵採集数の時期別変化
('75：養殖場内外5定点における鉛直びき1えい網当り平均採集卵数，'76'77：養殖場内における表層水平びき1m^3当り採集卵数)

＊「特別研究成果129」農林水産技術会議 (1980) に発表した59.6億粒は1日当り推定産卵量の時期別変化 (表4) に基づき推定した値であり，資料に乏しく正規分布型を十分に反映していない．したがって本稿では資料 (図17) を補足して試算したので訂正する．

一方，大内ら[8]は引津湾における総産卵量を100～200億粒と推定し，その卵は約2万尾の親魚に由来するものとしている．そこで，試みにその年の養殖場における産卵親魚数を1976年の産卵量から推定すると，雌1尾当りの平均産卵数を約200万粒とし，その性比を1対1とすれば約3万尾となる．この数値は，当時の年平均出荷尾数が2万尾であった（95%以上は4～5歳魚）[1]ことからほぼ妥当な値と考えられる．他の2年の産卵量についてはかなり小さく試算されるが，このことはI報でも述べたようにその年の産卵加入親魚の量が著しく少なかったことと産卵期前の低水温の影響などが考えられる．

以上，仙崎湾における養殖場からは1シーズンで約300億粒に及ぶマダイ卵が産み出されており，1水域におけるその分布状況は，産卵量と表層流速が把握されれば，ある程度推定可能であることが示唆された．

4. 仙崎湾における養殖場産出卵の湾内残存率について

前述のように，仙崎湾の養殖場から産出される卵は1シーズンで約300億粒と推定されるが，その卵がふ化仔魚として湾内にどの程度残存し得るかを試算するために，対象水域内の卵分布についての傾斜曳採集調査結果[2]に基づく解析を試みた．

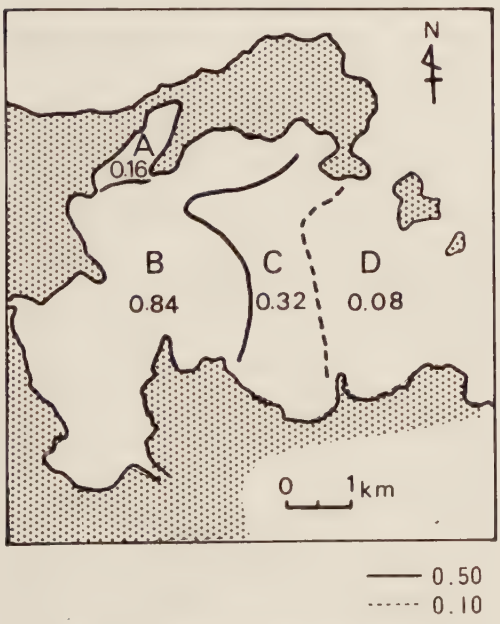


図18　発生段階が24時間異なる卵の密度比（24時間の残存率）

発生段階が24時間異なる卵の密度比（1日当りの残存率）についてみると，仙崎湾では湾奥ほど卵の滞留する割合が高く，湾央北寄りから湾口に向かうほど移送の速いことが分かる（図18）．

そこで，仙崎湾全域（I＋II水域）に存在する卵の24時間後の残存割合を推定するために，便宜的に4区画（A～D）を設け，次式による解析を試みた．なお，卵の分布深度は鉛直分布調査結果に基づき[2]，その95%以上が分布する15m以浅として取り扱った．

$$R=\frac{\sum_{n=1}^{4}\bar{S}_{(1,\ n)}V_{(n)}}{\sum_{n=1}^{4}\bar{S}_{(0,\ n)}V_{(n)}} \quad \cdots\cdots(8)$$

R；湾全域における24時間後の残存率

$V_{(n)}$；ある区画における卵分布容積（m^3）

$\bar{S}_{(0,\ n)}$；ある区画におけるある発生段階卵の平均分布密度（粒/m^3）

$\bar{S}_{(1,\ n)}$；$\bar{S}_{(0,\ n)}$の時点から24時間発生が進んだ段階での卵の平均分布密度（粒/m^3）

その結果，1日間に卵の湾内に残存する割合は約45%，湾外への移送，捕食および斃死により消滅する割合は約55%と推定された．なお，大内ら[8]は引津湾における1日当りの残留割合を30～50%と推定しており，仙崎湾の場合もほぼ同レベルであることが分かった．

以上の結果からすれば，マダイ卵は産出後ふ化までに約2日間を要する[1]ことから，湾内でふ化する仔魚の数は，そのふ化率を70%と仮定すれば，産出卵量の約14%と推定され，1シーズン中の約300億粒に対しては約43億尾となる．しかしながら，それらのふ化仔魚も本水域における通常の表～中層流速（15～4cm/sec）に抗して選択的な行動をとれるサイズの10mm前後[15]に成長するまでの間（本水域で約25日間）には，その大部分が湾外へ移送拡散されてしまうものと考えられる．ちなみに，田中[16]は志々伎湾へのマダイ仔魚の移入量を1,300万尾（1977年）と推定しており，それと比較しても上述のふ化仔魚の補給量が周辺水域に及ぼす影響は大きいことが予測される．また，II報で述べたようにふ化直後の仔魚採集例が少ない事実もあるが，拡散初期の卵や集積過程の4mm以上の仔稚魚

期の量は天然補給に依存する深川湾の密度の4～24倍の値を示しており[17]，周辺水域への資源添加の可能性を示唆している．なお，試算された値と分布実態との間にはかなりの差異がみられるが，田中[18]の指摘しているように，集中的に多量の卵が産卵される場合は，被食減耗を強く受ける可能性が大きい．したがって，この実態を明らかにすることが補給機構解明への残された課題である．

養殖場産出卵の移送機構について親魚の産卵，卵・仔稚魚の分布特性，移送拡散を3篇に分けて報告してきた．この中で得られた知見は現象の側面を極く一部とらえ得た段階である．同種の研究は今後，質，量的な面で詳細な調査が積み重ねられ，産卵から着底に至る過程の資源添加様式についての法則性が明らかにされることを期待したい．

要　約

養殖マダイの自然産出卵の移送機構を明らかにするため，1975年から3ケ年養殖場を中心として仙崎湾および深川湾で親魚の産卵実態と卵仔稚魚の分布を調査した．本報では染色卵および養殖場産出卵の移送拡散様式について海水流動に基づく解析を試み，1シーズン中に養殖親魚から自然資源に添加される量を試算した．

1．仙崎湾における海水流動は表層と中層以深ではそのパターンが異なり，前者では吹送流の卓越する場合が多いが，後者では潮汐流の卓越することが分かった．また，その流速については表層で風速の3～5％を示し，中層以深では湾奥部で2～3 cm/sec，湾央～湾口部で4～5 cm/sec と推定された．

2．染色卵放流によってマダイ卵の移送拡散様式を実証した結果，その移送には吹送流が大きく関与し，拡散にはシア効果がみられるようであった．なお，その拡散過程における卵パッチの中心濃度の時間的変化は次式によく近似され，定数 k は平均値で2.9を示したが，実験間の差異が大きいことから，内湾域においてシアを与える要因は一様でないと考えられた．

$$S_{(t)}=S_{(0)}\,t^{-k}$$

$S_{(0)}$ ；放流時の卵密度（粒/㎥）

$S_{(t)}$ ；t 時間後のパッチの中心密度（粒/㎥）

k ；定数

3．養殖場産出卵の移送拡散について解析したところ，卵の分布密度は養殖場からの距離と高い相関を示し，次式によく近似されることが明らかとなった．なお，産出された各卵パッチは湾奥部において通常2～7 cm/sec の速度で表層を湾口に向けて移送され，その分布を決定する密度変化係数 D は 10^{-3} のオーダーであることが明らかとなった．

$$S_{(x)}=S_{(0)}\,exp\,(-DX)$$

$S_{(0)}$ ；養殖場内卵密度（粒/㎥）

$S_{(x)}$ ；養殖場から x m 離れた場所の卵密度（粒/㎥）

D ；1 m当りの密度変化係数

4．養殖場で産出されるマダイ卵の量は1シーズンで約300億粒と推定された．それらの卵が湾内に残存する割合は，発生段階が24時間異なる卵の分布密度比から，1日当り約45％と推定された．なお，マダイ卵は産出後ふ化までに約2日間を要することとふ化率を考慮すれば，湾内でふ化する仔魚は産出卵量の約14％，約43億尾と試算される．

参　考　文　献

1）松浦秀喜・角田信孝　1980：養殖マダイ産出卵の移送機構に関する研究—Ⅰ．養殖マダイの産卵について．西水研研報，(55)，65-80.

2）松浦秀喜・有薗真琴・角田信孝　1981：養殖マダイ産出卵の移送機構に関する研究—Ⅱ．卵・仔稚魚の分布特性について．西水研研報，(56)，89-109.

3）M. UDA　1936：Distribution of drifting bo-

dies in the ocean current. 日本水産学会誌, 4(5), 289-293.
4) 浅見 忠彦 1962：太平洋南区のカタクチイワシ Engraulis japonica (Houttuyn) に関する研究. 南海水研報, 16, 1-55.
5) 平野敏行 1965：卵，稚仔漂流に関する一試算. 東海水研報, 44, 25-29.
6) 大内康敬・角 健造・光安健司 1977：受精卵放流方式による資源培養の可能性について—Ⅰ. 養成親魚の産卵量推定と卵の移送拡散. 昭和50年度福岡県福岡水試研究業務報告, 1-11.
7) 大内康敬・角 健造・三井田恒博・古田久典・光安健司 1977：受精卵放流方式による資源培養の可能性について—Ⅱ. 引津湾域におけるマダイ産出卵の分布. 昭和51年度福岡県福岡水試研究業務報告, 1-9.
8) 大内康敬・角 健造 1979：受精卵放流方式による資源培養の可能性について—Ⅲ. マダイ卵が引津湾域に留まる割合と稚仔魚の出現分布. 昭和52年度福岡県福岡水試研究業務報告, 1-6.
9) 須田完次 1948：海洋科学（増訂版）. 770 pp., 古今書院.
10) 杉浦健三 1975：海洋環境のとらえ方と問題点. 海洋生物資源環境. 海洋学講座15, 171-192, 東京大学出版会.
11) 木元新作 1976：多様性と種類組成. 動物群集研究法Ⅰ, 192 pp., 共立出版, 東京.
12) 俵 悟・大内 明 1980：油谷湾の海況及び隣接海域の流況について. 西水研研報, (54), 15-44.
13) 大久保 明 1970：海洋乱流・拡散. 海洋物理Ⅰ. 海洋科学基礎講座1, 267-375, 東海大学出版会.
14) 国司秀明 1976：海洋における物質の分散. 海洋物理Ⅱ. 海洋学講座2, 40-61, 東京大学出版会.
15) 佐藤正明・伏見 徹・増村和彦 1973：マダイの遊泳力. 浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究, 266-270.
16) 田中 克 1979：マダイ稚魚の浮遊生活から底生生活への移行過程. 水産土木, 16(1), 45-57.
17) 松浦秀喜 1980：マダイ養殖業が自然資源に与える影響—仙崎湾における卵，稚仔の分布生態. 資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究（特別研究成果シリーズ), 農林水産技術会議事務局.
18) 田中 克 1981：浮遊生活期における資源培養に関する諸問題. マダイの資源培養に関する検討会報告書, 3-13, 九州水産振興開発協議会.

西水研研報 第57号，昭和57年3月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No 57, Mar. 1982

有明海における懸濁物質の研究—II.
筑後川河口域における植物プランクトンと
デトライタスの分布と挙動

田中 勝久・浜田 七郎・代田 昭彦

Studies on the Suspended Matter in the Ariake Bay–II.
Distribution and Behavior of Phytoplankton and Organic
Detritus in the Chikugo River Estuary

Katsuhisa TANAKA, Shichiro HAMADA and Akihiko SHIROTA

In the previous paper, it was reported about the transportation mechanism of resuspended sediment forming high turbid-water (100–4,000 mg/*l*) in the Chikugo river estuary. These resuspended and bottom-deposited sediment contains organic detritus which is important as food for benthic fauna. Phytoplankton is presumed to be a major source of organic detritus because of its high standing crop in the estuary.

In order to understand the formation-decomposition process of organic detritus and the contribution of phytoplankton to its formation, seven stations were located from the lower part of the Chikugo river to the estuary in spring and neap tide between 1979-1981. Three items were investigated: (a) Tidal changes in salinity, turbidity (optical density), chlorophyll *a* and phaeopigments. (b) Spatial changes in salinity, and turbidity, chlorophyll *a*, phaeopigments, total bacteria and inorganic nutrients across the estuary in high and low water, (c) Organic carbon and total nitrogen contents of suspended and bottom-deposited sediment.

The results obtained are as follows:

1) Phytoplankton and bacteria were accumulated at the boundary zone (10–20‰ salinity) in spring tide, but such accumulation was not observed in neap tide. The concentration of chlorophyll *a* in spring tide was high compared to that observed in neap tide.

2) The total pigment (chl. *a* + phaeo.) content of suspended matter in the high turbid-water was 70–90 μg/g (dry weight), over 80% of which being composed

昭和56年12月1日受理 (Received December 1, 1981)
西海区水産研究所業績 第392号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 392)

of phaeopigments. A large quantity of phytoplankton-derived detritus was contained in the resuspended sediment.

3) The organic carbon content of the surface sediment in the estuary (2.0–2.3 % of dry weight) was higher than that of in the river (1.1–1.6%). This result may have been caused by the formation of phytoplankton-derived detritus in the estuary.

4) The C:N ratio of the the surface sediment in the estuary (13.2–13.9) was higher than that of the suspended matter in the high turbid-water (9.3–11.6). After the deposition of the resuspended sediment, the organic detritus may have been decomposed rapidly, increasing the C:N ratio in the surface sediment.

5) High concentrations of nitrite and phosphate were observed in the high turbid-water. It suggests the elution of nutrients from the resuspended sediment.

内湾や浅海域では，一般にデトライタス（生物遺骸等の粒状有機物質）の生物生産に果たす役割が大きいことはよく知られている[1]．本報で対象とする有明海湾奥部の筑後川河口域では大潮の干潮時に広大な干潟が出現し[2]，デトライタス食性の多毛類，貝類等の単位面積当りの生産量は高く我が国有数の高い漁業生産が挙げられている[3]。このことは，筑後川河口域に河川から供給される陸上起源のデトライタスのみならず，沿岸水域の高い一次生産[4]（植物プランクトン）に由来する大量のデトライタスが供給されているためであろう．

底泥に堆積したデトライタス物質は最大潮差6mに達する大潮時には底泥から水中に再懸濁し潮流により輸送される．前報[5]では，大潮時に底泥を巻き上げて形成される高濃度の懸濁物質が河川感潮域から河口域までの約15kmの範囲を移動する現象を明らかにした．しかし，干潟域や河川感潮域の懸濁物質や堆積物に含まれるデトライタスの量や分布については明らかにされていない．また，デトライタスの形成に関与する植物プランクトンおよび細菌の分布についての知見も十分ではない．

本報では，筑後川河口域における懸濁物質や堆積物に含まれるデトライタスの分布とその供給，分解過程を明らかにすることを目的とし，大潮時，小潮時の比較から，潮汐変化とデトライタスの供給者である植物プランクトンの分布との関係を調べた．この結果を基に，前報で得られた懸濁物質の潮流にともなう物理的挙動に関する知見によって，河口域の懸濁物質や堆積物に含まれる植物プランクトンに由来するデトライタスの重要性について考察する．

本研究にあたり，筑後川とその河口域の調査のための用船，実験施設の提供など多大の御協力をいただいた福岡県有明水産試験場の河辺克巳場長，山下輝昌専門研究員に厚くお礼を申し上げる．また，調査に協力して戴いた長崎大学水産学部松宮義晴助教授と学生，ならびに西海区水産研究所浅海開発部の田中克技官に感謝申し上げる．

方　　法

筑後川感潮域から河口域までの範囲に7定点をFig. 1に示すように設けた．定点R 4からE 2は前報と同一の定点であり，新たに設けたE 3はE 2より約3km海側で筑後川の澪筋の最南部に位置する．1979年～1981年のそれぞれの観測定点，観測日の月齢および潮位はTable 1に示す．1979年，1980年の大潮時の調査は定点R 2に小型漁船を定置し，満潮から次の満潮までの毎正時に採水を行った．また，1981年の調査は定点R 1で大潮時の3月19～20日の26時間，小潮時の3月29日の12時間定置観測を行い，3月20，30日，7

月29，30日には河川感潮域の澪筋に沿った断面の各定点で最高潮時または最低潮時の前後の1時間以内に採水を行った．採水は1*l* 用北原式採水器または2*l* 用バンドン採水器を用い，表，中，底の各層採水を行ったが，低潮時に水深が3 m以下となった場合は表層と2 m層を採水した．得られた試水は定置観測では船上で，断面観測では2時間以内に，沪過によって懸濁物質を採集し，分析時まで−20℃で保存した．

1981年の小潮時の3月30日には，各定点でエクマンバージ採泥器によって，底泥表層に再降した floc 状物質（浮泥）の採取を行った．

塩分，吸光度による濁度（O. D.），S. S. 量，水深の測定方法は前報に示したとおりである．クロロフィル *a*，フェオ色素量測定には直径24㎜の Whatman GF/C フィルターを，懸濁態有機炭素量，全窒素量の測定には500℃で4時間熱処理した直径47㎜の Whatman GF/C フィルターを用いた．クロロフィル *a* およびフェオ色素量の定量は，アセトン抽出による螢光測定法[6),7)]によった．有機炭素量，全窒素量の測定は試料を塩酸処理したのち，懸濁物質はCHNコーダー（柳本MT-2型），底泥はCNコーダー（柳本MT-500 型）で分析した．全細菌数の計測は試水をグルタルアルデヒドで固定後（最終濃度0.5%），冷蔵保存し，1週間以内に計数を行った．計数はDAPI* 染色による落射螢光顕微鏡（NIKON VFD-R型）観察[8)]によった．

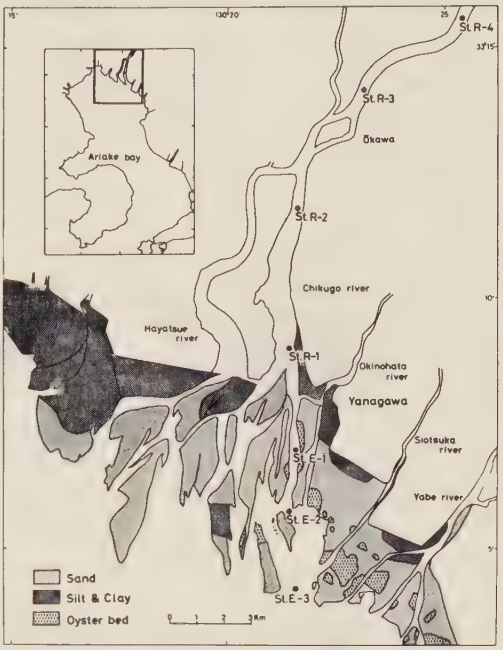


Fig 1. 筑後川河口域の調査定点と干潟の分布[2)]
Sampling stations and distribution of tidal-flat[2)] in the Chikugo river estuary.

Table 1. 観測日と潮位
Sampling date and tide level

Date	Days before/after spring/neap	Tide level*				Stn.
		Time	High(cm)	Time	Low(cm)	
1979 Oct. 22	S＋1	10：50	489	16：53	104	R2
		22：39	467			
1980 Mar. 16	S−1	09：06	518	15：17	27	R2
		21：17	526			
1981 Mar. 19	S−2	08：55	472	15：01	81	R1
		20：58	470	03：12	42	
20	S−1	09：28	482			R4-E2
29	N			08：18	214	R1
		14：08	353	20：55	149	
30	N＋1			10：19	212	R4-E2
July 29	S			13：48	53	R2-E3
30	S＋1	08：14	495			R4 E2

* at Miike Harbor

栄養塩濃度は試水を東洋定量用沪紙 No. 5 bで沪過したのち STRICKLAND and PARSONS の方法[6)]に従って NO_3-N, NO_2-N, PO_4-P, SiO_2-Si を定量分析した．

* 4'6-diamidino-2-phenylindole

結 果 と 考 察

1. 植物プランクトンと懸濁物質の分布と潮汐

大潮時（1981年3月19—20日）の河口点R 1における塩分，吸光度による濁度，クロロフィル*a*量，フェオ色素量の経時変化は Fig. 2 に示す．高潮時には20‰以上の塩分が観測されたが，低潮時には 1‰以下（淡水）となり，R 1では潮時により海水と河川水が

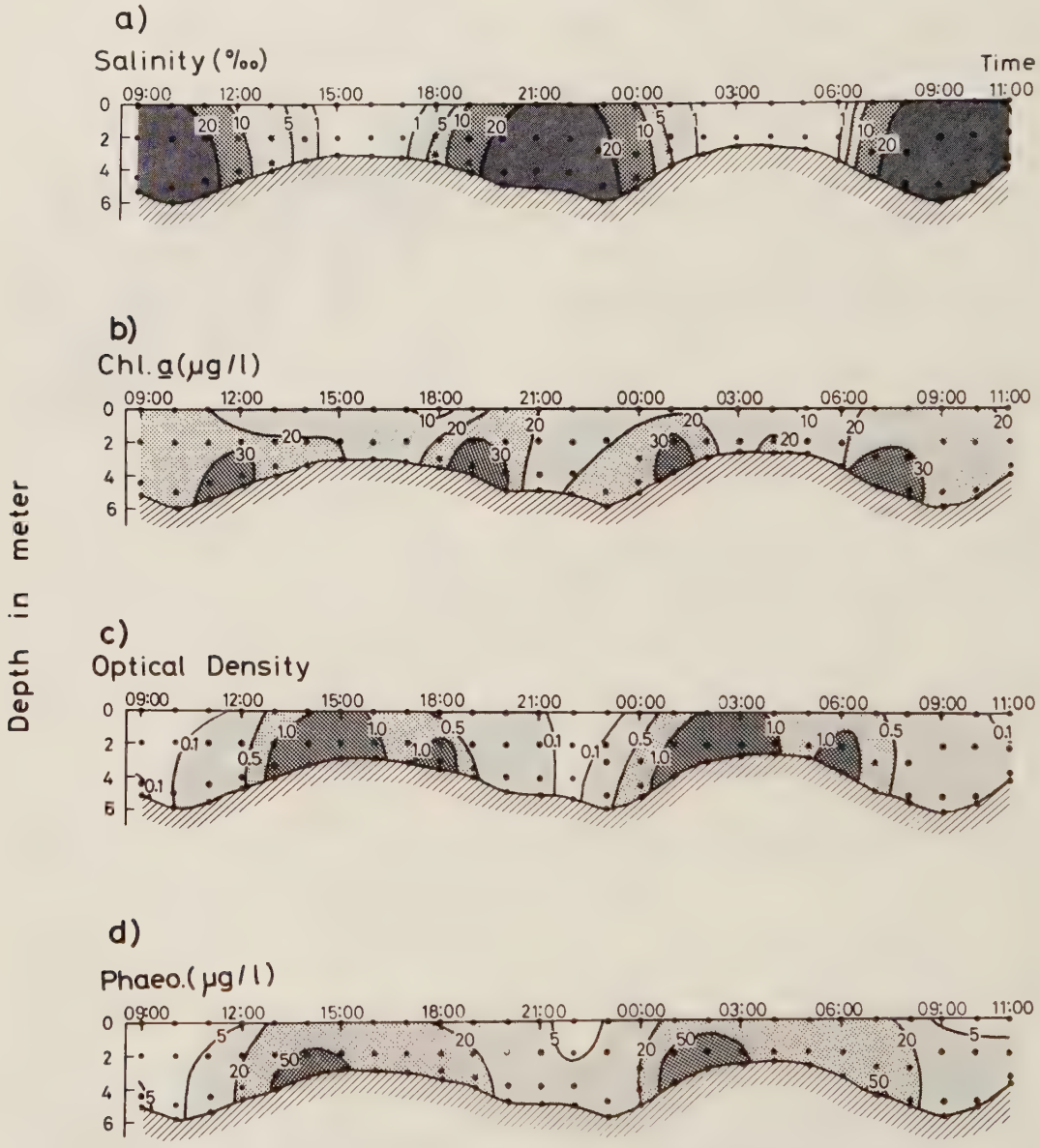


Fig. 2. 大潮時の2潮時における定点 R 1での塩分，クロロフィル*a*量，濁度（吸光度）とフェオ色素量の変化（1981年3月19—20日）
Changes in salinity, chlorophyll *a*, turbidity (O. D.), and phaeopigments during two tidal periods in spring tide at Stn. R1 (March 19-20, 1981).

入れかわっている．淡水と海水の境界域では，特に下げ潮時に表層と低層の塩分差が小さく強混合型[9]を示した（Fig. 2 a）．定点R 1の表層流速は大潮時には，1 m/ s以上に達する[5]．クロロフィル *a* 濃度は低潮時に10μg/*l* 前後，高潮時に20μg/*l* 前後の値であった．高潮時前後の10～20‰の塩分下では塩分変動の大きい部分で30μg/*l* 以上の高い値が得られた（Fig. 2 b）．吸光度が1.0（S. S. の約700mg/*l* に相当）以上の高濁度水は塩分が10‰以下の淡水と海水の境界域で観測された．この現象は小潮から中潮時に河川上流（10～16km）で floc 化して沈降，堆積した粘土粒子が下げ潮の強流時に再浮上し，高濁度水となってR 1を通過して河口域に輸送され，上げ潮時に再びR 1を通過して河川域へ向かう現象によるものであろう[5]．フェオ色素量は吸光度とほぼ対応した変動を示した．吸光度1.0以上の水域では50μg/*l* 以上となっており，高濁度水中には植物プランクトンの分解産物であるフェオ色素が多く存在することがわかった（Fig. 2 c, d）．

高潮時の定点R 4（河口から約16km上流）から河口域の定点E 2までの表層における S.S. 量，植物色素と全細菌数の計測結果は Fig. 3 に示す．クロロフィル *a* 濃度は河川内で低く（10μg/*l* 以下），河口域で高い値（20μg/*l* 以上）であったが，特に河口域のR 1では80μg/*l* 以上の高濃度を示した．全細菌数の分布は河口点のR 1で 2×10^6 cells/m*l* 以上の高い値となり，クロロフィル *a* 濃度とほぼ同じ傾向を示した．高潮時にはR 4からR 3付近の S.S. 量が100mg/*l* 以上と高くなっており，上げ潮によって河口から河川域に輸送された懸濁物質が上流10km以上に達していることがわかる．しかし，強流時に比較して S.S. 濃度はかなり低く，フェオ色素濃度と S.S. 量の関係は明瞭ではない．

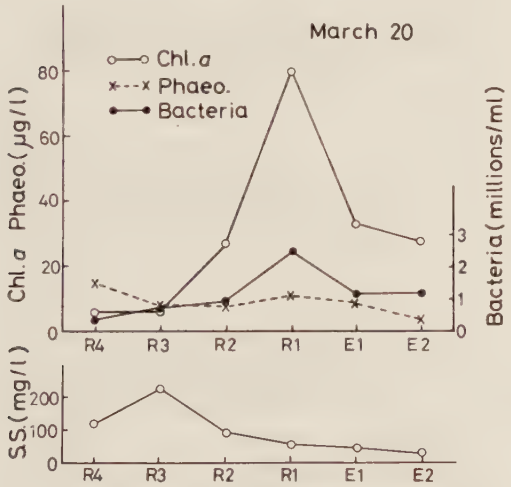


Fig. 3. 大潮高潮時における筑後川河口域表層水中のクロロフィル *a*，フェオ色素，全細菌数と S. S. の分布（1981年3月20日）
Surface distribution of chlorophyll *a*, phaeopigments, total bacteria and suspended solids (S. S.) across the Chikugo river estuary at high water in spring tide (March 20, 1981).

上記の大潮時から10日後に小潮時（3月29日）の12時間定置観測を行なった．河口点のR 1での塩分，クロロフィル *a* 量の経時変化は Fig. 4 に示す．小潮時には塩分の鉛直変化が大きく弱混合型の特性を示し，高潮の14～15時には27‰以上の海水が底層に侵入し（Fig. 4），観測期間内の吸光度はすべて0.1 以下の低い値であった．クロロフィル *a* 濃度は，表層の塩分10‰以下の範囲では5μg/*l* 以下，25‰以上の底層水では

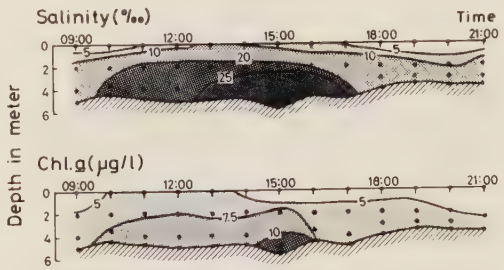


Fig. 4. 小潮時の1潮時における定点 R1 での塩分とクロロフィル *a* 量の変化（1981年3月30日）
Changes in salinity and chlorophyll *a*, during a tidal period in neap tide at Stn. R1 (March 30, 1981).

10μg/*l* 前後となっている．Fig. 5は小潮時の各定点におけるクロロフィル *a*，フェオ色素，全細菌数，S.S. 量の分布を示したものである．小潮時には全定点でクロロフィル *a* 濃度は10μg/*l* 以下で，大潮時に比較しかなり低い値となっている．全細菌数は河川内で低く（1.0×10^6 cells/m*l*），河口域ではやや高い値（$1.5\sim1.8\times10^6$ cells/m*l*）を示した．小潮時の表層流速は0.5m/ s以下であり，大潮時に浮上した高濃度の懸濁物質は河口域に輸送され堆積している[5]ため S.S.

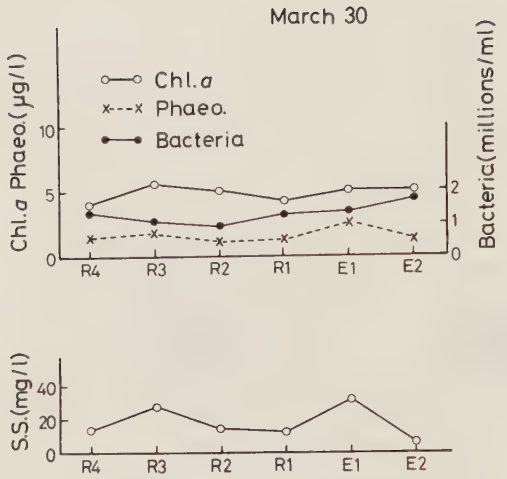


Fig. 5. 小潮高潮時における筑後川河口域表層水中のクロロフィル *a*，フェオ色素，全細菌数と S. S. の分布（1981年3月30日）
Surface distribution of chlorophyll *a*, phaeopigments, total bacteria and suspended solids (S. S.) across the Chikugo river estuary at high water in neap tide (March 30, 1981).

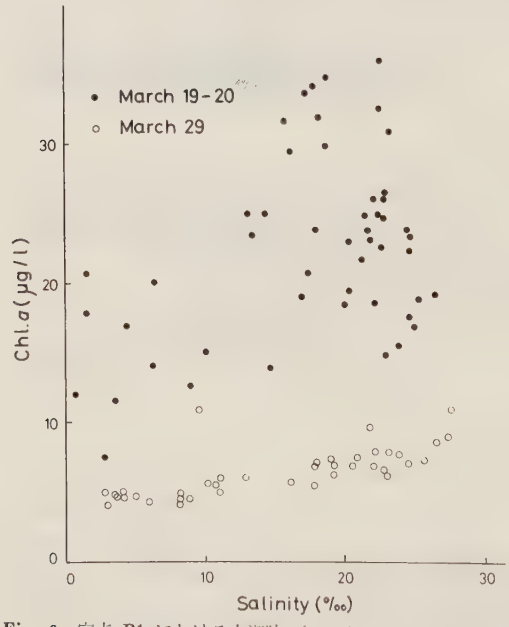


Fig. 6. 定点 R1 における大潮時（1981年3月19—20日）と小潮時（1981年3月29日）のクロロフィル *a* 量と塩分の関係
Relationship between chlorophyll *a* and salinity in spring (March 19-20, 1981) and neap (March 29, 1981) tide at Stn. R1.

量は全定点で40mg/*l* 以下となっている．

Fig. 6は1981年3月の河口点R1における大潮時と小潮時の定置観測で得られたクロロフィル*a*量と塩分との関係を比較して示したものである．小潮時にはクロロフィル*a*濃度は塩分増加にほぼ比例して増加するが，大潮時に比較し10μg/*l* 以下の低い値となっている．大潮時のクロロフィル*a*濃度は20‰前後の塩分域で高い濃度（30μg/*l* 以上）を示した．また，大潮時には小潮時に比較し等塩分でのクロロフィル*a*濃度の変動幅（最大20μg/*l*）が著しく大きい．以上のように，筑後川河口域の植物プランクトンや細菌の分布は潮汐作用による影響を受け，大潮と小潮で大きく異なると思われる．

2. 潮境付近の植物プランクトンの集積とデトライタスの形成

大潮時（1981年7月29日）の河川感潮域から河口域までの断面調査結果は Fig. 7 に示す．Fig. 2 に示した3月の大潮時の調査結果と同様に，クロロフィル *a* 濃度の極大域が塩分10〜20‰付近を中心として形成されていた．クロロフィル*a*濃度は塩分の鉛直分布とほぼ対応した分布を示し，塩分傾斜の大きい水域（潮境）で高い値（20μg/*l* 以上）を示した．この潮境は低潮時にはE3付近，高潮時にはR1〜E1付近に存在しほぼ河口域全域を潮時とともに移動すると思われるが，肉眼でも種々の浮遊物の集積によって観察された．一方，フェオ色素濃度は高濁度水中で高く，吸光度による濁度の分布と同じ傾向を示した．

Peterson *et al.*[10] によれば強混合型の河口域に形成される潮境付近では，沖合から河口域へ向かう密度流と河川から河口域へ向かう河川流から周期的な潮流を除けば，両者の流れの相互作用によって湾奥部の懸濁物質は河口域に集積されるという．大潮時の筑後川河口域の透明度は数cmから数10cm程度であり，混合作用が大きく植物プランクトンの大規模な増殖には適していないと考えられるので大潮時に見られるクロロフィル*a*濃度の極大域は沿岸水域に分布する植物プランクトンが低塩分の河口域に上記のような物理的現象によって集積されたものであろう．筑後川河口域における植物プランクトンの優占種は山下[11]によれば周年数種の大型珪藻（*Nitzschia seriata*, *Thalassiothrix frauenfeldii*, *Eucampia zoodiacus* など）からなり，湾奥部におけるクロロフィル*a*濃度は河口域に比較し

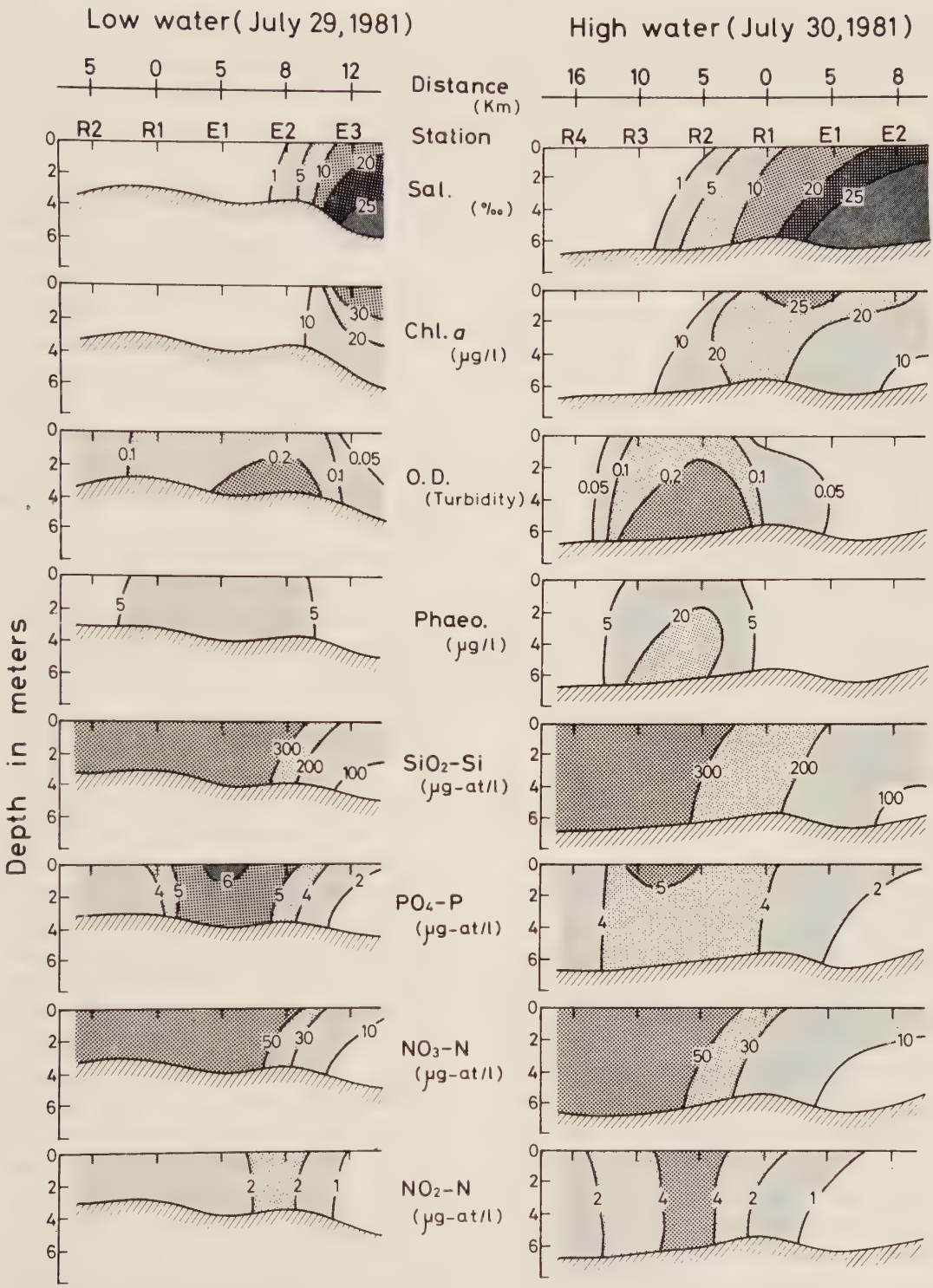


Fig. 7. 大潮時の筑後川河口域におけるクロロフィル *a*, フェオ色素と環境要素の断面分布
Changes in chlorophyll *a*, phaeopigments and environmental factors at the longitudinal section from the lower part of the Chikugo river to the estuary in spring tide.

かなり高い値（20μg/l 以上）となっている[4]．Fig. 4, Fig. 6 に示したように，弱混合型の小潮時にはこのような集積現象は認められず河口域のクロロフィル a 濃度は大潮時に比較してかなり低い．

Fig. 8 は最も高い懸濁物質濃度を示す定点R 2 における高濁度水（S. S. 200mg/l 以上）中の S. S. 量とクロロフィル a 量および全色素量（クロロフィル a＋フェオ色素）の関係を示したものである．全色素量と S. S. 量との相関は高く，大潮時に底泥を巻き上げて形成される高濁度水中には懸濁物質乾重 1 g 当り全色素量で70～90μg，フェオフィチン量で60～70μg（全量の80%以上）の植物色素が含まれていることがわかった．

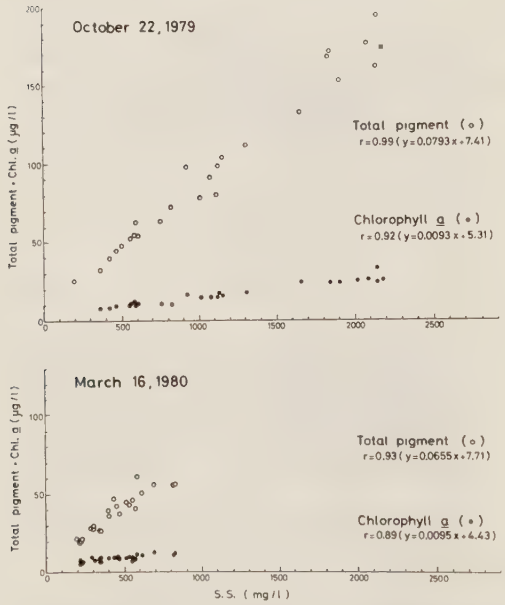


Fig. 8. 高濁度水（S. S. ＞200mg/l）中の全色素量と懸濁物量との関係
Relationship between total pigment and suspended solids in the high turbid-water (S. S. ＞200 mg/l).

沢田ら[12]によれば真珠養殖漁場の底泥表層（0～0.5cm）のフェオ色素濃度は真珠養殖として未利用の海域で41μg/g 乾泥，やや密殖と考えられる漁場では44μg/g 乾泥であり，筑後川高濁度水中のフェオ色素濃度が非常に高い値であることがわかる．また，クロロフィル a 濃度も高濁度水中では S. S. 量との相関が高いが全色素中に占める割合は低く大部分が植物プランクトンの分解産物であると考えられる．大潮時の低塩分下（10‰以下）のクロロフィル a 濃度が小潮時に比較して高く，その変動幅も著しい（Fig. 6）のは高濁度水側では浮泥に由来した植物色素が加わっており，濁度の変化が著しい（Fig. 2）ことによるものであろう．

これらの懸濁物質に含まれる植物色素は植物プランクトンに由来し，底泥表層で分解され大潮時に再懸濁したものであろう．大潮時から小潮時にかけての植物プランクトン分布の変動から推定すれば，大潮時に河口域に集積された植物プランクトンが，高濁度水中に含まれるデトライタス物質の主な供給源であると考えることができよう．大潮時に潮境に集積された植物プランクトンの沈降過程では，植物プランクトンの死滅による沈降などの影響とともに，floc 状懸濁物質の凝集吸着作用[13),14)]が働いていると思われる．これらを明らかにするためには今後も現場での観測や実験を進めていく必要があろう．

3. 懸濁物質と表層堆積物中のデトライタス

河川から供給されるコロイド状粘土粒子は海水と淡水の境界域で floc 化し沈降する[15]．この現象は潮流の弱い小潮時で容易に観察される．1981年3月30日の採泥調査では，河口（R 1）から10～16km 上流の R 3，R 4 の底土表層は Plate 1 に示すように砂質の上に約3cmの厚さで粘土粒子の堆積が見られた．この粘土層は floc 化によって堆積したものと考えられるが，その一部は大潮の強流時に再浮上し河口域に輸送される．また，筑後川の増水時にはこの粘土層は完全に除去され底質は砂のみになることが推測される．

潮流の影響を最も強く受ける河口点R 1 の底質は砂質と思われるが，流れの弱い小潮時（3月30日）には Plate に示すようにやや黒味を帯びた細砂の上に砂，更にその上に淡黄褐色の浮泥の順に堆積している状態が観察された．一方，河口点から約8 km海側のE 2 では黒味を帯びた泥の上にR 1 と同様の淡黄褐色の浮泥が堆積し，両者の色調の差は Plate 3 に示すように明瞭である．この黒みを帯びた泥は粘性が高く大潮の強流時にも巻き上がることはないと思われる．R 1 からE 2 で見られる表層堆積物は，大潮時に浮上と再沈降をくり返したもので，その色は，R 4 でみられる表層泥とは明らかに異なり，成分の変化が起っていることが推定される．そこで，これらの堆積物の炭素，窒素組成について検討した．Table 2 は底泥と高濁度水

Table 2. 筑後川河口域における高濁度水中の懸濁物質と底泥中の有機炭素量と全窒素量およびC/N比
Percent organic carbon and total nitrogen values (by dry weight) and C:N ratios of suspended and bottom-deposited sediment in the Chikugo river estuary.

Salmple	Stn.	Date	Sediment depth(cm)	Org. C(%)	Total N(%)	C/N
Sediment	R4	Mar. 30, 1981	0-0.5	1.64	0.125	13.3
	R3	〃	〃	1.08	0.082	13.2
	R1	〃	〃	2.27	0.167	13.6
	E2	〃	〃	1.95	0.140	13.9
	〃	〃	1-2	2.51	0.150	16.7
Suspended matter*	R2	Oct. 22, 1979		2.32	0.254	9.3
	〃	Mar. 16, 1980		2.82	0.256	11.6
	R1	Mar. 20, 1981		2.46	0.249	9.9

* in the high turbid water (S. S.>200mg/l)

(S.S. 200mg/l 以上) 中の懸濁物質の Org. C, Total N量およびC/N比を示したものである．各点の表層堆積物 (0～0.5cm) を比較すると，R3～R4のfloc 化した懸濁物質が堆積している部分では Org. C量は乾燥重量の1.1～1.6%，Total N量は0.08～0.13%であったのに対し，これらが大潮時に浮上，沈降をくり返し，河口域で堆積したR1，E2の表層堆積物では，Org. C量が2.0～2.3%，Total N量は0.14～0.17%となっており，いづれも河川内のR3，R4より高い値を示した．これは，河口域で植物プランクトンの分解産物等のデトライタス物質が供給されたことによるものであろう．

Plate 3 に示したE2の1-2cm層の黒色泥のC/N比は16.7で表層泥（0～0.5cm層）のC/N比（13.9）に比べ著しく高い．小潮時の河口域（R1，E1，E2）のC/N比（13.2～13.9）は大潮時の高濁度水中の懸濁物質のC/N比（9.3～11.6）に比較して高い．このことは，懸濁物が堆積してからの分解が進行していることを示している．畑[16]は動植物プランクトンやその分解物が主体をなす粒子態懸濁物は水中懸濁状態または沈降状態における初期の分解速度はかなり速やかでプランクトンの死後10日前後で50%内外にも達するとしている．従って，高濁度水中の懸濁物質に比較して小潮時の河口域の再沈降した表層泥中の高いC/N比は懸濁物質中の植物プランクトンやその分解産物が沈降したのち急速に分解されたために起ったものであると考えられる．

大潮時に再浮上した粘土鉱物を主成分とする高濃度の懸濁物質は栄養塩濃度の変動にも関与している[17]と考えられる．堆積したデトライタス物質等の有機物の分解に伴なう栄養塩の溶出現象とともに栄養塩を吸着した底泥の巻き上げに伴なう再溶出現象[18),19]は，河口域の栄養塩濃度の変化に大きな影響を及ぼすであろう．高濁度水の形成される大潮時には，Fig. 7の河川感潮域から河口域までの断面分布に示すように，SiO_2-Si, NO_3-N の濃度は河川域で河口域より高く，栄養塩濃度の高い河川水と濃度の低い海水とが潮境付近で混合している．一方，NO_2-N，PO_4-P の濃度は高濁度水の分布域で高い値を示している．これは底泥から再浮上した懸濁物質から栄養塩が再溶出したための現象であると思われるが，この点は今後さらに詳細な検討が必要である．

強混合型を示す大潮時に河口域の潮境付近に集積された植物プランクトンは河口域のデトライタス物質の主な供給源となるものと思われる．大潮時に底泥を巻き上げて形成される高濃度の懸濁物質には大量の植物色素が含まれており，これらの植物プランクトンやその分解産物は懸濁物質とともに沈降しベントスの餌料となる一方，自己消化作用やバクテリアによる消費によって分解される[16]．懸濁物質が潮汐作用によって沈降・再懸濁をくり返す過程での有機物の分解，栄養塩の溶出は筑後川河口域の自然浄化作用と物質循環に重要な役割をはたすものと考えられる．

デトライタス物質と粘土粒子との懸濁物質中での相互関係や，粘土粒子への floc 化を通じての栄養塩や有機物質の凝集吸着の機構については，本報では取り上げることができなかった．しかし，河口域の植物プ

ランクトンやその分解物が floc 状懸濁物質によって直接的な凝集・吸着等の作用を受けている可能性は，以上の結果から推察することができよう．

要　約

筑後川河口域におけるデトライタスの分布とその供給，分解過程を明らかにすることを目的とし，1979年から1981年に大潮時，小潮時のクロロフィル*a*，フェオ色素，全細菌数，濁度，栄養塩濃度等の変化を定置観測，断面観測等によって調査し，懸濁物質と堆積物中の有機炭素，全窒素量を測定した．調査の結果は次のように要約される．

1．大潮時には植物プランクトンや細菌は河口の潮境付近（塩分10～20‰）に集積されるが，小潮時にはほぼ均一な分布を示す．小潮時のクロロフィル*a*濃度は大潮時に比較してかなり低下した．

2．大潮時に潮流によって再浮上した高濁度水中（S. S.>200mg/*l*）の懸濁物質には70～90μg/g乾重の植物色素が含まれ，その約80%はフェオ色素であり，大量の植物プランクトン起源のデトライタスが存在するものと思われる．

3．小潮時の河口域の表層堆積物（Org. C 2.0～2.3%）は河川内（1.1～1.6%）に比較して有機物濃度が高い．これは陸上起源以外に河口域の植物プランクトン起源のデトライタス物質の供給によるものであろう．

4．河口域の表層堆積物のC/N比（13.2～13.9）は，高濁度水中の懸濁物質（9.3～11.6）より高い．これは植物プランクトンやその分解産物が堆積した後速やかに分解されたことによるものであると思われる．

5．大潮時の NO_2-N，PO_4-Pの濃度は高濁度水中で高く，底泥から再浮上した懸濁物質からの栄養塩の溶出による現象であると思われる．

引　用　文　献

1）K. H. Mann 1972: Macrophyte production and detritus food chains in coastal waters. In "Detritus and its role in aquatic ecosystems" (eds by U. Melchiorri-Santolini and J. Hopton), *Mem. Ist. Ital, Idrobiol.*, Suppl. **29**, 353-383, Pallanzo.

2）西海区水産研究所　1981：沿岸海域藻場調査—九州西岸海域藻場・干潟分布調査報告 1-391.

3）青山恒雄　1977：漁業振興の立場からみた湾内水の流動と問題点—Ⅰ．有明海の流動と漁業．沿岸海洋研究ノート，**14**（1, 2），36-41.

4）木元克則・安楽正照　1981：有明海における海況と植物プランクトンの現存量．特別研究促進調整費 九州西方海域に関する総合研究．科学技術庁．

5）代田昭彦・田中勝久　1981：有明海における懸濁物質の研究—Ⅰ．筑後川懸濁粘土粒子の河口域への輸送．西水研研報，(56)，27-38.

6）J. D. H. Strickland and T. R. Parsons 1968: A practical handbook of seawater analysis. 2nd. ed. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, **167**, 311 pp.

7）伊藤栄樹・飯塚昭二　1979：螢光法によるクロロフィル*a*測定に必要な定数算出のための色素の単離法．長崎大学水産学部研究報告，(47)，1-4.

8）A. W. Coleman 1980: The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnol. Oceanogr.* **25**(50), 943-948.

9）D. W. Prittchard 1967: Observations of circulation in coastal plain estuaries. In "Estuaries" (ed. by G. H. Lauff), 37-44, A. A. A. S. Pub. 83., Washington, D. C.

10）D. H. Peterson, T. J. Conomos, W. W. Broenknow and E. P. Scrivani 1975: Processes controlling the dissolved silica distribution in

San Francisco Bay. In "Estuarine research" (ed. by L. E. Cronin), 153-187, Academic Press, New York.

11) 山下輝昌　1981: 有明海湾奥におけるプランクトンの季節的消長—XIII. 福岡県有明水産試験場研究業務報告, 昭和54年度, 95-102.

12) 沢田保夫・上野福三　1966: 海底泥およびアコヤガイの排泄物のアセトン抽出物について　I. アセトン抽出物の吸収曲線. 国立真珠研究所報告, **11**, 1298-1307.

13) 安達六郎・代田昭彦　1979: 粘土による赤潮の防除に関する研究—III Olithodiscus sp. 三重大学水産学部研究報告, (6), 109-117.

14) 代田昭彦　1980: 赤潮生物の駆除,「赤潮　発生機構と対策」(日本水産学会編), 水産学シリーズ 34, 105-123. 恒星社厚生閣, 東京.

15) W. Sakamoto 1972: Study on the process of river suspension from flocculation to accumulation in estuary. *Bull. Ocean Inst. University of Tokyo*, (5), 1-46.

16) 畑　幸彦　1981: 浅海域における有機物の沈降—堆積—分解とバクテリア. 沿岸海洋研究ノート, **18** (2), 112-122.

17) 代田昭彦　1979: 非生物体ニゴリの研究 I. 河口域における栄養塩濃度の変動に関与するニゴリ. 日水誌, **45** (9), 1123-1128.

18) 河合　章　1981: 水域底泥からのアンモニア態窒素などの溶出. 沿岸海洋研究ノート, **18** (2), 106-111.

19) E. I. Butler and S. Tibbitts 1972: Chemical survey of the Tamar Estuary. I. Properties of the waters. *J. mar. biol. Ass. U. K.* **52**, 681-699.

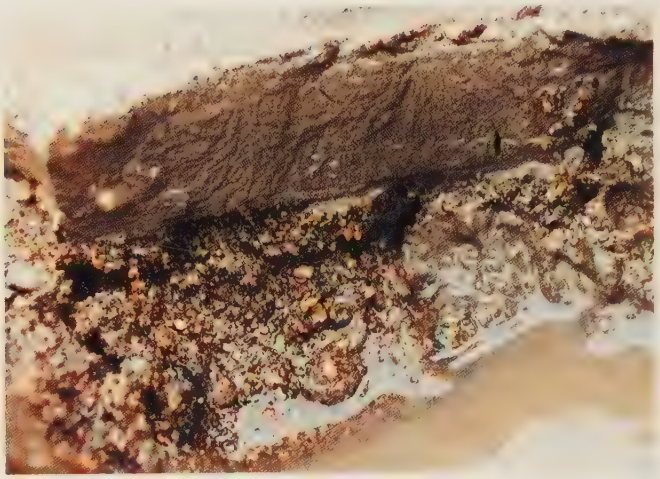


Plate 1. 定点 R4 における小潮時の底泥断面
Vertical section of the sediment at Stn. R4 in neap tide showing the deposition of clay particles on the sand sediment.

Plate 2. 定点 R1 における小潮時の底泥断面
Vertical section of the sediment at Stn. R1 in neap tide showing the deposition of resuspended matter on the sediment.

Plate 3. 定点 E2 における小潮時の底泥断面
Vertical section of the sediment at Stn. E2 in neap tide showing the deposition of resuspended matter transfered from the river in spring tide.

西水研研報 第57号，昭和57年3月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No. 57, Mar. 1982

平戸島志々伎湾におけるマダイ当歳魚個体群の摂餌生態—II. 食物を中心にみた生息場所の利用について

木曾克裕*

On the Feeding Habit of O-group Red Sea Bream (*Pagrus major*) in Shijiki Bay, Hirado Island-II. The Habitat Utilization in Terms of Food Resources

Katsuhiro KISO*

The stomach contents of O-group red sea bream caught with beam trawl and Gochi trawl in Shijiki Bay (Hirado Island, Nagasaki Pref.) were examined during the period of 1975 to 1978. First, changes in the food composition according to habitat and size were analyzed and later habitat utilization of O-group red sea bream in terms of food resources was discussed.

There were marked changes in the food compositions of O group red sea bream from minor habitats to minor habitats. These variations seemed to reflect the differences in density and size of red sea bream among the various minor habitats. Besides, the composition and abundance of food organisms also affect them.

The food composition of red sea bream caught in a same minor habitat also showed changes year by year. These changes might be associated with the annual variations of population density, growth and distributional pattern of red sea bream and also with the annual variations of composition and abundance of food organisms. Furthermore, the food composition of individual red sea bream caught in the same minor habitat revealed sequential shift according to their size.

Thus O-group red sea bream showed a flexible feeding habit and a wide variations of size composition. These feeding habit and size composition characteristics will make them able to utilize the various habitats and food resources efficiently.

昭和56年12月2日受理（Received December 2, 1981）
西海区水産研究所業績 第393号（Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 393）
本報告の一部は1978年4月，昭和53年度日本水産学会春季大会（東京）において発表した．
* 東北区水産研究所（Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory, Shiogama, Miyagi 985）

はじめに

第1報[1]では湾内の主生息場で採集したマダイを用いて成長に伴う食性の変化とその年変動について述べた.

調査を行った志々伎湾は底質・海底地形[2]，海況[3]，流れ[4]などの無機的環境からみても，マダイの餌料となる底生生物[5]や魚類群集[6]の分布様式などの生物的環境からみても，いくつかの異なった小生息場所(minor habitat)[7]*から構成されている．志々伎湾におけるマダイの分布は湾内のほとんど全域にわたっているが，その分布密度は一様でなく，成長も水域によって異なることがわかっている[8]．また，湾内におけるマダイ当歳魚の個体群密度によっても成長や分布様式に変化がみとめられている[8]．

本報告では，湾内の小生息場所の違いに基づくマダイ当歳魚の食性の変化や，個体群密度の年変動に基づく各すみ場所でのマダイの食性変化，および主生息場での魚体の大きさごとの胃内容物組成を解析し，マダイ当歳魚個体群の食物を中心にみた生息場所利用について述べる.

本文に先だち，この報告に関して種々の御助言と御援助をいただいた西海区水産研究所伊東祐方元底魚資部長（現東海区水産研究所資源部長），畔田正格浅海開発部第2研究室長，最首光三元底魚資源部第2研究室長（現日本海区水産研究所企画連絡室長）をはじめタイ類特別研究志々伎グループの皆様，胃内容物調査について御指導と御援助をいただき本報告を御校閲下さった長崎大学教育学部東　幹夫助教授，胃内容物調査に関して種々の御援助をいただいた広島大学生物生産学部今林博道氏に対し厚くお礼申し上げる．調査に御理解を示され種々の御援助と御便宜をいただいた志々伎漁業協同組合の組合員・職員の方々をはじめ地元の皆様に対し厚くお礼申し上げる．また，本報告の発表の機会を与えていただいた西海区水産研究所佐藤重勝所長に感謝する.

材料と方法

長崎県平戸島志々伎湾において，1975年から1978年の5～8月に，小型底びき網，吾智網（1そう吾智），船びき網（1976年8月のみ）**によって採集したマダイ当歳魚を材料として用いた．Fig. 1に採集定点を示す．各採集時に原則として20尾ずつのマダイ当歳魚を無作為に抽出し（採集数が20尾未満のときは全数），それらの胃内容物を観察して各採集点別に胃内容物組成を求めた．操業方法，定点別採集数，胃内容物調査の方法は第1報[1]に示した．また，分布の集中期にあたる6月の主生息場(同一の小生息場所)で採集したマダイの胃内容物組成を個体数法により体長ごとに求めた．1976年6月および1975年7月のデータにより，胃内容物組成と環境中の底生生物の組成を小生息場所ごとに比較した．用いたマダイ当歳魚は1975年級群574尾，1976年級群447尾，1977年級群628尾，1978年級群50尾の計1,699尾である.

結果と考察

すみ場所と時期による胃内容物組成の変化

畔田ら[8]は志々伎湾におけるマダイの主生息場である湾奥部の生息場所と餌の関係を詳細に検討している．ここではその視点を水域としては湾全体に，時間的には1975年から1978年の5月から8月（マダイの底生生活への移行期から湾外への移動期にあたる）に拡大し，マダイの成長や分布と関連させて各採集点におけるマダイ当歳魚の胃内容物組成の差異について検討した.

1975年級群（Fig. 2-1）　マダイ1975年級群は，5月

* この報告では採集定点に対応する場所とする.
** 当業船（コウイカを目的とした船びき網）で湾内4点で操業した.

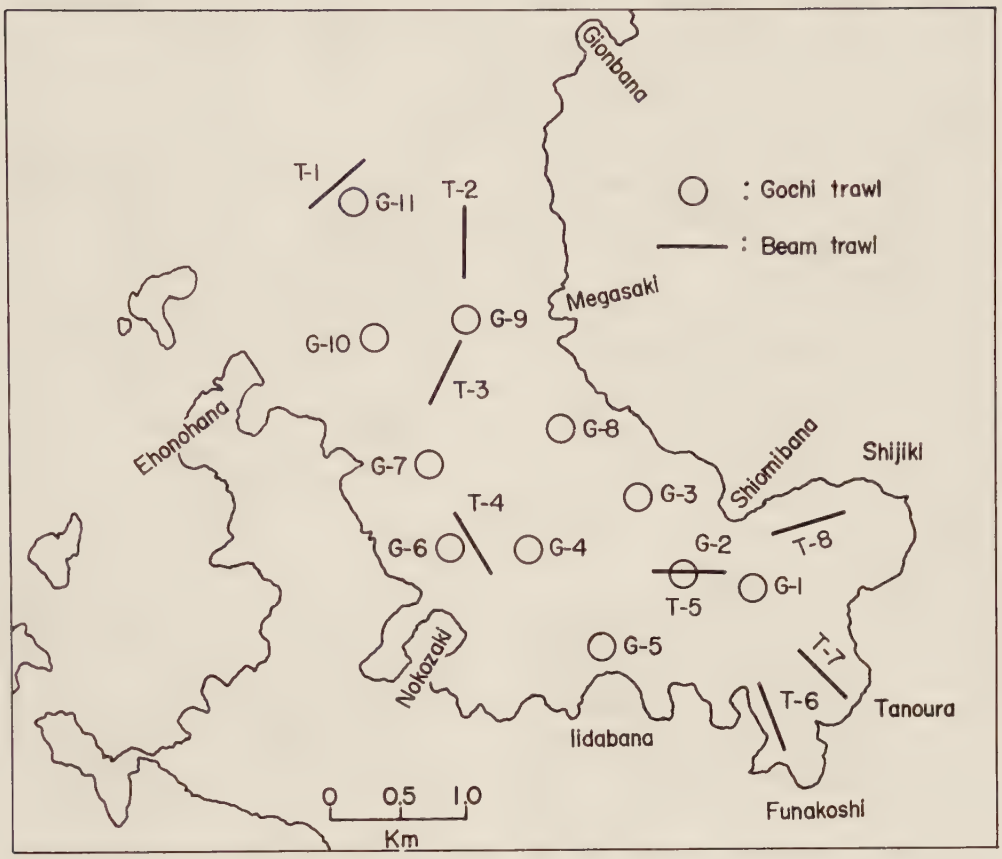


Fig. 1. 採　集　定　点
Sampling stations.

下旬に初めて採集された．その分布は湾口部から湾奥部にわたるが，いずれの定点でも採集数は少ない．この時期には湾口部の個体の方が湾奥部のものより小形である．胃内容物は，湾口部の個体では Copepoda が多く，湾中央部から湾奥部にかけての水域の個体では Gammaridea が多い．6月中旬には，マダイは湾内の広い範囲で採集され，採集数も多くなる．マダイの分布密度は湾奥の アマモ 場周辺部ないし 縁辺部細砂域（定点 G 1・2，T 5．以下湾奥部の細砂域という）が高く，湾中央部がこれに次いでいる．マダイは分布密度が高く 成長もよい湾奥部の細砂域では Gammaridea を，湾奥部 7 m以浅のアマモ場（以下湾奥部のアマモ場という），湾中央部，湾口部では Copepoda を，湾口に近い岩礁域では Mysidacea を主に摂っている．6月下旬に おいても 分布様式や 胃内容物組成は，ほぼ 6月中旬の傾向を維持するが，湾奥部のアマモ場では Gammaridea が主として摂られている．6月末から 7月初めには，マダイの採集数は最も多く，その分布は湾奥部に集中している．湾口部・湾中央部の個体は湾奥部のものに比べて小形である．この時期にはマダイは湾奥部では Gammaridea, 湾中央部では Mysidacea, Caprellidea など，湾口部付近では Copepoda を主として摂っている．7月中旬には湾奥部の分布密度はやや低下する．湾奥部には大形の，湾口部には小形の個体が分布し，マダイは湾奥部では Gammaridea のほかに Mysidacea, Polychaeta, Caprellidea などを，湾中央部では Mysidacea, Caprellidea, Gammaridea を，湾口部では Mysidacea, Gamma-

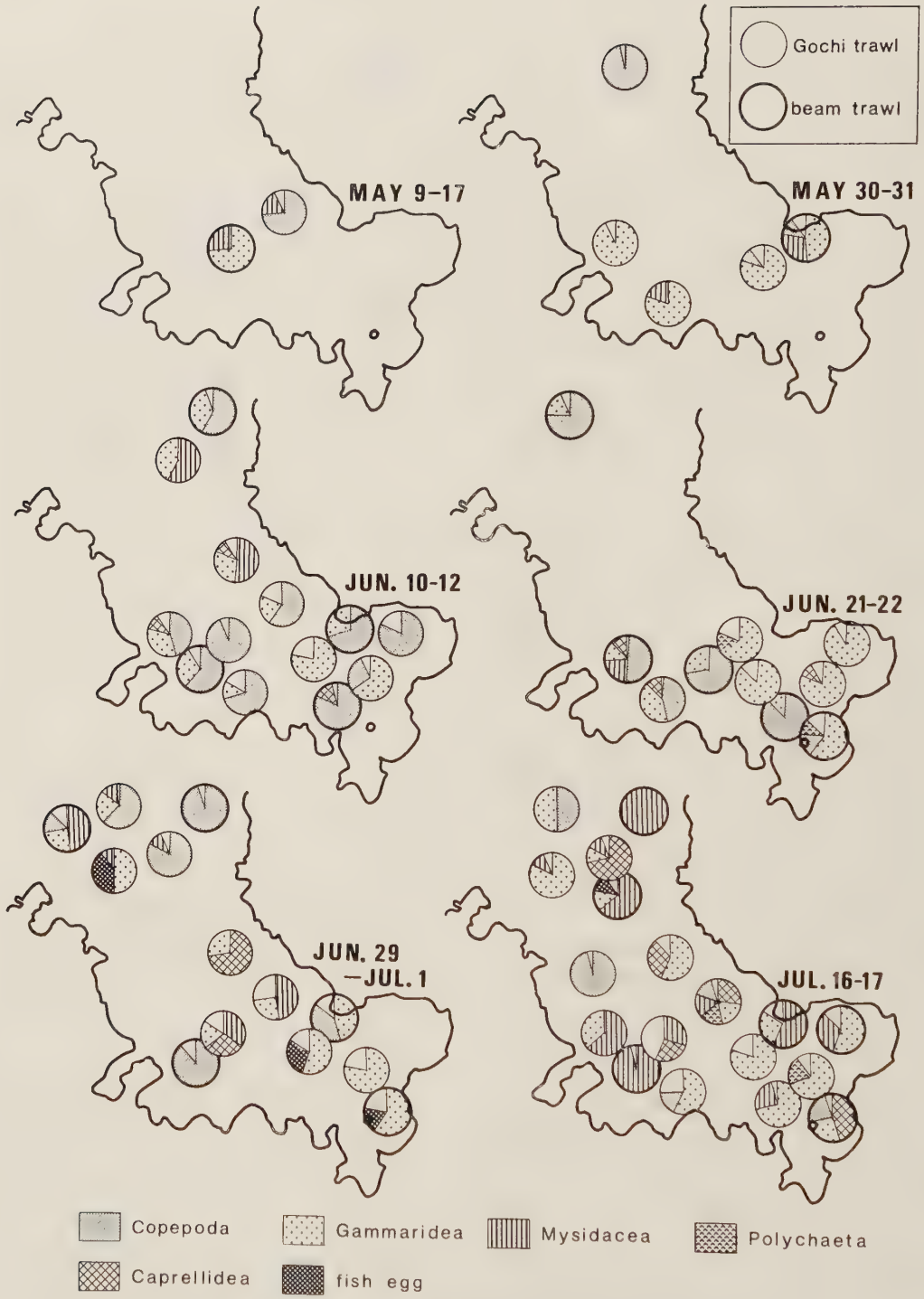


Fig. 2–1. 各定点で採集されたマダイ当歳魚（1975年級群）の胃内容物組成（個体数%）の季節変化
Seasonal and regional changes in the stomach contents (numerical percentage) of O-group red sea bream (1975 year class).

Fig. 2-1.（つづき）　Continued

..ridea, Caprellidea, Copepoda を主として摂っている．各採集点とも胃内容物組成は多様化している．

1976年級群（Fig. 2-2）　1976年級群は前年より早く5月上旬に定点T1・2・4・5・7で初めて採集され，いずれの定点でも Copepoda がマダイの主な餌となっている．5月中旬にはマダイは湾口部から湾奥部にかけて採集された．その胃内容物組成には採集点による違いがみられ，Copepoda のほか Mysidacea, Gammaridea が摂られている．6月上旬になると，マダイは前年と同様に湾口部から湾奥部まで広く分布し，採集数も増加する．分布の中心は湾奥部である．その胃内容物組成は湾口部では Copepoda の割合が高く，次いで Gammaridea や Mysidacea となっているが，湾奥部では湾口部より Copepoda の割合が低く Gammaridea や Mysidacea の割合が高い．前年と比較すると，湾奥の個体では1976年級群の方が Mysidacea への依存度が高い．6月中旬にはマダイの分布密度は湾奥部砂底域が高く，その分布様式は前年と大きな差はない．その胃内容物組成は湾奥部では Mysidacea, Gammaridea の割合が高く，湾中央部では Caprellidea, Copepoda, Mysidacea の割合が高い．また湾口部では *Oikopleura* が多く摂られている．前年と比べると，主生息場である湾奥部の各点で1975年級群では Gammaridea の比率が高いのに対し，1976年級群では Mysidacea の比率が高い．7月中旬にはマダイの分布は前年同様，湾奥部の分布密度がやや低下し，湾中央部に大形個体が多くなる．その胃内容物組成はマダイの分布密度の高い湾奥部では Gammaridea の割合が高く，Mysidacea, Copepoda, 魚卵などがこれに次いでいる．前年と同様，湾奥部より湾中央部～湾口部の個体の方が大形の餌料を摂る傾向がみられる．また，1976年級群は1975年級群より Mysidacea に対する依存度が強く，Gammaridea や Caprellidea に対する依存度が弱い傾向がある．8月にはマダイの採集数は少なくなり，マダイは湾中央部では Mysidacea を，湾奥部では魚卵，Geammaridea を主に捕食している．

1977年級群（Fig. 2-3）　1977年級群は1975～1978年の4年間で最も個体群密度の高かった年級群である．5月上旬にはマダイは定点T1，G1・2で1～2尾づつ採集され，全ての採集点で Copepoda を摂っている．5月下旬にはマダイは湾奥部の定点T5を中心に採集される．上旬と同様にその胃内容物は Copepoda が多く，湾奥部では Gammaridea がこれに次いで多い．6月中旬にはマダイは湾中央部から湾奥部にかけて分布し，湾奥部（T5，G2）の密度が極めて高い．マダイは主に Gammaridea, Copepoda, Mysidacea を捕食している．小生息場所ごとの胃内容物組成をみると湾奥部では Gammaridea の，それ以外では Copepoda の比率の高い場所が多い．これらに次いで魚卵，Sagittoidea, *Oikopleura* などがマダイの胃内に見られる．7月中旬にはマダイは湾口から湾奥までの全ての採集点で採集される．分布密度は湾奥部から湾中央部にかけての水域が高い．マダイは湾奥部アマモ場や湾口部では Copepoda を，湾奥部から湾中央部にかけての水域では Gammaridea を主に摂っている．他の年に比べてマダイは広い範囲に分布し，成長は遅れており[8]，その胃内容物組成は多くの採集点で小形の餌料生物である Copepoda の比率が高い．これは第1報[1]でも述べたように高密度の影響があらわれたものと考えられる．1977年には，前2年と異なりマダイ当歳魚は8月にも湾内で多数採集された．分布密度は湾中央部から湾奥部が高く，7月と比べると低下している．胃内容物組成をみると，湾奥部では Gammaridea, Mysidacea が，湾中央部では Polychaeta が，湾口部では Mysidacea が多く摂られている．

1978年級群（Fig. 2-4）　1978年級群は1975～1978年の間で個体群密度が最も低い年級群である．6月中

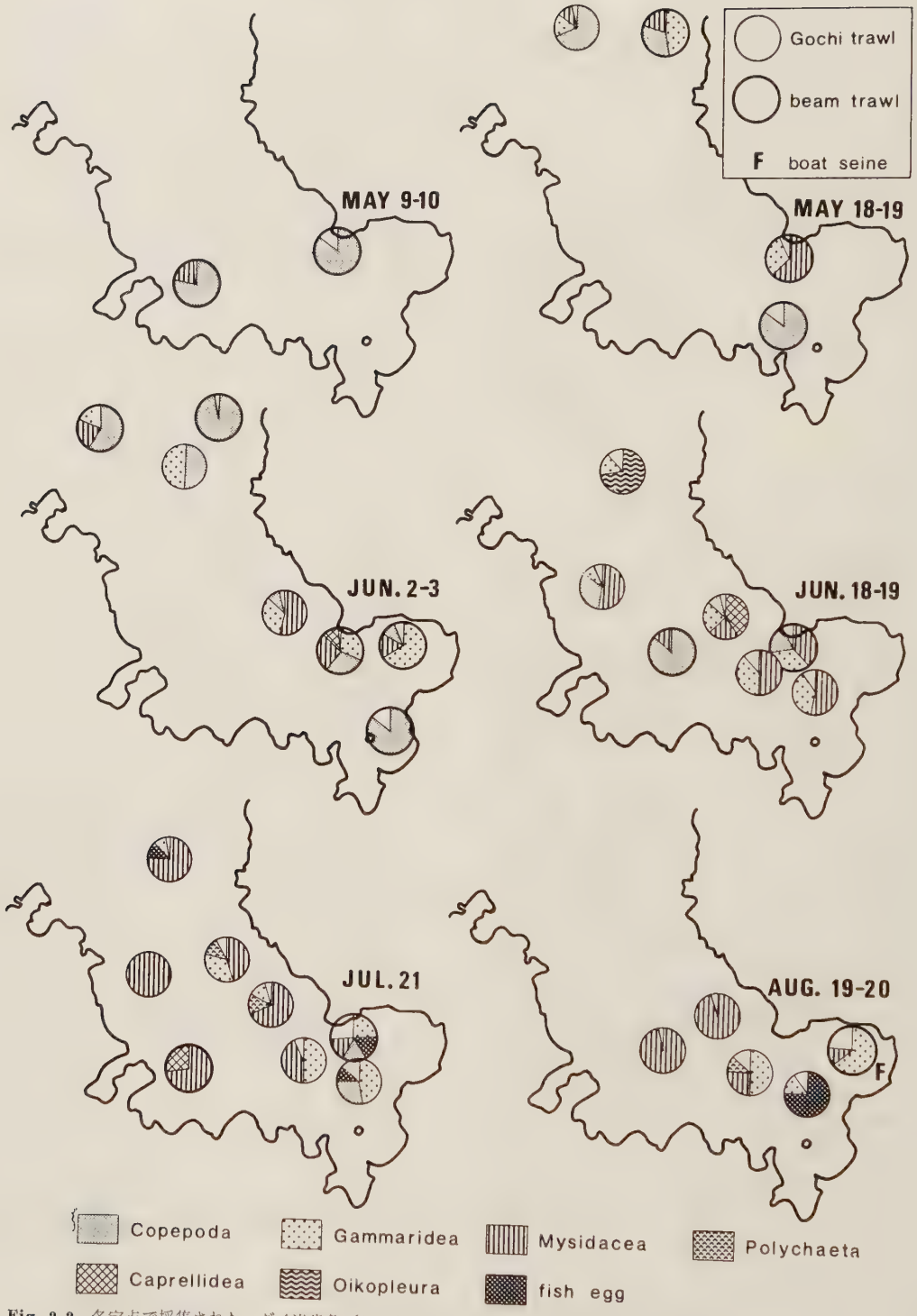


Fig. 2-2. 各定点で採集されたマダイ当歳魚（1976年級群）の胃内容物組成（個体数%）の季節変化
Seasonal and regional changes in the stomach contents (numerical percentage) of O-group red sea bream (1976 year class).

Fig. 2-3. 各定点で採集されたマダイ当歳魚（1977年級群）の胃内容物組成（個体数%）の季節変化
Seasonal and regional changes in the stomach contents (numerical percentage) of O-group red sea bream (1977 year class).

Fig. 2-4. 各定点で採集されたマダイ当歳魚（1978年級群）の胃内容物組成（個体数%）の季節変化．採集は全て吾智網を用いた
Seasonal and regional changes in the stomach contents (numerical percentage) of O-group red sea bream (1978 year class). All of the samples were collected by Gochi trawl.

旬にはいずれの定点でも採集数は少なく，湾口部から湾奥部の多くの定点で Gammaridea が多く摂られている．7月中旬には湾中央部の定点G3で110尾採集され，その他の採集点では採集数は1～3尾であった．この採集時のマダイは採集点により異った胃内容物組成を示し，その組成は採集数の最も多いG3では Copepoda が多く，その他の採集点では Mysidacea, Gammaridea, Caprellidea, Copepoda などの割合が高い．定点ごとに見た胃内容物組成は1975年級群のそれに近い．胃内容物組成の多様性は湾口部では低く，湾中央部から湾奥部では高い傾向がみとめられる．

以上の4年間を通してみると，マダイの個体群密度や分布様式とともにその小生息場所ごとの胃内容物組成にも年変動がみられる．平均的には，底生生活への移行期にあたる5月にはマダイは比較的分散した分布様式を示し，ほとんどの小生息場所で Copepoda を摂っている．分布の集中期にあたる6月から7月上旬には，分布密度は湾奥部細砂域が高く，その他の水域は低い．また，その成長も湾奥部細砂域がよい．マダイは湾奥部では Gammaridea などのこの時期のマダイの餌としては大形の生物を，湾口部では Copepoda などの湾奥部より小形の生物を食物とする傾向がみられる．生活領域の拡大期にあたる7月中・下旬には湾奥部の分布密度はやや低下し，湾中央部に大形個体が見られるようになる．この時期には食物利用が多様化する傾向がみられる．分布の拡大期から湾外への移動期にあたる7月末から8月下旬には湾全体の分布密度は低下する．湾奥部の分布密度は7月中旬よりさらに低下し，湾中央部の分布密度が相対的に高くなる．マダイは湾奥部では Gammaridea などのこの時期のマダイの餌としては小形の餌料に湾中央部や湾口部では Mysidacea などの湾奥部より大形の餌料に多く依存する傾向がみられる．

底生生物の分布とマダイの生息場所

前述のように志々伎湾はマダイにとっていくつかの異ったすみ場所から成り立っている．Table 1 に既往の知見[2,5,9]により各採集点（小生息場所）ごとに底質・生物群集などの環境要因（habitat factor）を整理

Table 1. 各定点の環境要因の既要（木曾[2]，中坊[9]，東・陣野[5]，浜田（未発表）による）.
Environmental characteristics of each sampling station in Shijiki Bay (KISO[2], NAKABO[9] AZUMA·JINNO[5], Hamada (unpublished)).

Stn.	Location	Depth	Bottom			Vegetation	Fish fauna	Benthos
			Mdφ	Bottom	Ignition loss		Diversity	Gammaridea ind./m²
G 1	I	8m	2	SR	7mg/g	eZ		5×10^2
G 2	I	10	2	S	5	eZ		9
G 3	C	8	2	eR	3	eS		13
G 4	C	15	3	SR	4	—		3
G 5	I	12	2	eR	5	eS		13
G 6	C	18	2	S	5	—		1
G 7	C	25	2	S	4	—		1
G 8	C	18	1	eR	3	eS		5
G 9	M	25	1	S	3	—		3
G10	M	30	1	S	3	—		3
G11	M	30	1	S	4	—		
T 1	M	30	2	S	4	—		2
T 2	M	25	1	S	3	—	H	2
T 3	M	25	2	S	5	—	H	2
T 4	C	20	3	S	5	—	L	2
T 5	I	10	2	S	5	eZ	L	9
T 6	IM	5	2	S	5	Z	H	13
T 7	IM	5	2	S	4	Z	H	13
T 8	IM	5	3	S	7	Z	H	13

Abbreviations
Location ; I: inner part of the bay, C: central part of the bay, M: mouth part of the bay, IM: innermost part of the bay.
Bottom ; S:sandy bottom, eR: edge of reef, SR: sandy bottom interspersed with reefs
Vegetation; Z: *Zostera* area, eZ: edge of *Zostera* area, eS: edge of *Sargassum* area
Diversity ; H: high, L: low

した．畔田[10]は水域ごとにみた尾叉長と体重の関係や個体群密度と分布様式の関係から，マダイのすみ場所としては湾奥部の細砂域が“1等地”，湾中央部の極細砂域やアマモ場・ガラモ場が“2等地”，湾口部の細砂域が“3等地”であるとしている．そこでこれらの代表的な定点として湾奥部の細砂域（T 5），湾中央部の極細砂域（T 4），アマモ場（T 7），湾口部の細砂域（T 1）の底生生物の組成*と，これらに対応する湾奥部（T 5，G 2），湾中央部（T 4，G 4），アマモ場（T 7），湾口部（T 2，G10・11）で採集されたマダイの胃内容物組成との比較を試みた．時期的には，採集数が多くマダイが湾を最も利用していると考えられる，分布集中期にあたる1976年6月中旬と，生活領域を拡大し始めた時期にあたる1975年7月中旬とを選び，この比較を行なった．

分布の集中期である1976年6月には湾奥部以外は採集数が著しく少ないので底生生物の組成のみをTable 2に示す．この時期のマダイの主生息場（湾奥部）における底生生物とマダイの胃内容物との組成の比較は第1報[1]に示してある．この時期にはマダイの主生息場である定点T 5では他の定点と比較して，単位面積あたりの底生生物の総個体数は最も多く，底生生物の総重量（湿重量）はアマモ場に次いで多い．1976年はMysidacea の分布密度が高い年であったので，いずれの定点でも Mysidacea の底生生物の中に占める割合は高い．その単位面積あたりの個体数はT 7＞T 5＞T 4＞T 1の順である．一方，Gammaridea の単位面積あたりの個体数はT 5＞T 7＞T 4＞T 1の順である．畔田ら[8]は1977年6月にはマダイは Gammaridea を選択的に摂る傾向があると述べており，1976

* epibenthos sampler (NUS net[11]) を用いた底生生物の採集結果（東　未発表）による．

Table 2. 1976年6月18日に湾内の4定点で epibenthos sampler (NUS net) を用いて採集した底生生物の組成
The composition of benthic organisms collected by epibenthos sampler (NUS net) at four stations in Shijiki Bay in June 1976.

Item \ Stn.	Numerical percentage				Weight percentage			
	T1	T4	T5	T7	T1	T4	T5	T7
Foraminiferida	1.42	0.27	3.47	0.04	0.65	0.37	3.99	0.03
PLATYHELMINTHES	—	—	0.26	0.14	—	—	0.03	0.13
Polychaeta	7.54	0.65	2.54	0.32	11.24	0.59	3.71	0.23
Gastropoda	14.15	0.15	1.39	0.97	36.01	0.66	20.21	0.98
Bivalvia	1.42	0.30	1.84	—	—	1.84	12.20	—
Pantopoda	—	0.05	0.69	1.30	—	0.15	0.74	0.08
Ostracoda	—	0.07	0.73	0.32	—	0.08	0.59	0.23
Copepoda	3.77	—	—	0.09	0.89	—	—	0.00
Mysidacea	25.47	83.10	42.42	73.98	20.96	93.20	34.82	57.59
Cumacea	—	2.82	1.26	0.23	8.24	1.75	0.51	0.03
Tanaidacea	—	0.12	0.10	—	—	0.01	0.06	—
Isopoda	—	0.05	0.28	0.28	—	0.03	0.21	0.23
Gammaridea	25.47	11.69	23.90	12.92	14.85	0.57	9.80	0.93
Caprellidea	10.38	0.30	0.76	5.28	2.27	0.02	0.25	2.47
Natantia	—	—	0.01	0.19	—	—	0.01	5.00
Brachyura	1.42	—	—	—	4.48	—	—	—
Sagittoidea	—	0.03	—	0.51	—	0.02	—	0.03
Ophiuroidea	—	0.18	20.33	0.04	—	0.01	11.45	0.01
Asteroidea	—	—	0.01	—	—	—	0.01	—
Tethyidae	—	—	—	0.14	—	—	—	31.42
others	8.96	0.22	0.01	3.25	0.41	0.70	1.41	0.61
Individual number of benthos per m^2	1.41	159.68	284.27	192.96				
Weight of benthos (mg) per m^2					1.94	95.79	363.38	471.17

年にはマダイは湾奥で環境中に最も多い Mysidacea より Gammaridea を選択的に摂る傾向があることから，マダイが好む Gammaridea の多い湾奥部の細砂域（T5）は，この時期のマダイのすみ場所として最もすぐれているといえよう．

マダイが湾奥部細砂域からその周辺水域にも生活領域を拡大し始める時期の例として，1975年7月中旬の資料により Ivlev [12] の選択指数 E，環境中の底生生物の組成 p_i，胃内容物の組成 r_i を求めて，底生生物の分布とマダイの食物やすみ場所との関係を考察する (Table 3)．p_i は前出の NUS net[11] の採集結果から魚類を除いて組成を求め，r_i および E の算出は木曾[1,13] と同様の方法により個体数と重量について求めた．畔田ら[8] が述べているようにこの時期にはマダイは分布域を拡大してはいるものの，採集数は湾奥部細砂域が最も多く，湾奥部アマモ場と湾中央部がこれに次ぎ，湾口部が最も少なく，依然として湾奥部細砂域を主生息場としている．また，尾叉長を比較すると，湾奥部以外は採集数が少ない上バラツキもあるが，その平均尾叉長は湾奥・湾中央＞アマモ場＞湾口の順となる傾向がみられた．特に湾口部のものは小形で分散も小さかった．

各水域の p_i, r_i, E の値をみると，分布密度が最も高い湾奥部細砂域では，底生生物の総重量は多くないが，マダイが7月ころ最もよく摂っている Mysidacea, Gammaridea, Polychaeta の比率が高い．また，これらに対する r_i の値も大きく，かつ E は正の値を示している．

一方，マダイの分布密度・平均尾叉長とも最も小さい湾口部では，底生生物の総重量は小さくないが，p_i をみるとこの時期のマダイがほとんど利用しない Foraminiferida, Bivalvia, Brachyura, ウロコムシ

Table 3-1. 1975年7月における湾内4カ所の個体数組成より求めた IVLEV の選択指数
IVLEV's electivity index calculated from numerical percentage data obtained at four different parts of the bay in July 1975. *ri:* percentage of food items in the stomach of red sea bream, *pi:* percentage of food items collected with epibenthos sampler (NUS net), *E* (Ivlev's index) $(ri-pi)/(ri+pi)$.

Area / Food item	Mouth part			Central part			Inner part			*Zostera* zone		
	ri	*pi*	*E*	*ri*	*pi*	*E*	*ri*	*pi*	*E*	*ri*	*pi*	*E*
Foraminiferida	—	75.00	−1	—	8.93	−1	—	6.74	−1	—	—	—
Nematoda	—	—	—	4.85	—	1	—	—	—	—	—	—
PLATYHELMINTHES	—	0.04	−1	—	—	—	—	—	—	—	0.12	−1
Polychaeta	2.50	1.14	0.37	2.91	5.30	−0.29	4.26	3.50	0.10	0.81	1.01	−0.11
SIPUNCULOIDEA	—	—	—	17.96	—	1	0.50	—	1	—	—	—
Gastropoda	—	1.18	−1	—	6.27	−1	—	2.16	−1	—	—	—
Scaphopoda	—	0.16	−1	—	0.28	−1	—	0.81	−1	—	—	—
Bivalvia	—	2.52	−1	—	1.81	−1	—	2.96	−1	—	—	—
Copepoda	2.50	—	1	—	—	—	0.99	—	1	22.58	—	1
Pantopoda	—	2.84	−1	—	0.42	−1	—	0.54	−1	—	0.61	−1
Ostracoda	—	1.98	−1	0.49	0.28	0.27	0.20	—	1	1.61	0.57	−0.48
Mysidacea	15.00	2.48	0.72	39.81	2.79	0.87	13.56	32.08	−0.41	—	68.74	−1
Cumacea	—	2.60	−1	—	12.13	−1	—	1.89	−1	—	0.45	−1
Tanaidacea	—	0.08	−1	—	0.28	−1	—	0.08	−1	—	0.36	−1
Isopoda	—	0.04	−1	—	—	—	0.10	—	1	—	1.21	−1
Gammaridea	77.50	5.60	0.87	8.73	57.46	0.74	74.65	33.42	0.38	29.84	18.30	0.24
Caprellidea	—	0.37	−1	23.79	1.53	0.88	1.29	12.67	−0.81	45.16	6.84	0.74
Natantia	—	0.20	−1	—	—	—	—	—	—	—	1.41	−1
Anomura	—	0.32	−1	—	0.14	−1	—	—	—	—	0.12	−1
Brachyura	—	0.65	−1	—	0.14	−1	—	—	—	—	0.04	−1
Sagittoidea	—	—	—	—	1.11	−1	—	0.27	−1	—	0.12	−1
Ophiuroidea	—	2.56	−1	1.46	0.98	0.20	2.87	1.89	0.21	—	0.08	−1
Asteroidea	—	0.04	−1	—	—	—	—	0.27	−1	—	—	—
Echinoidea	—	0.04	−1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
fish egg	—	—	—	—	—	—	1.49	—	1	—	—	—
Brachyura larva	2.50	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lepidenotus sp.	—	0.12	−1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
others	—	0.04		—	0.15		0.09	0.72		—	0.02	
Individual number of benthos per m^2	32.85			14.34			9.98			164.67		

(*Lepidonotus* sp.) などの比率が高く，r_i の高い Gammaridea, Mysidacea, Polychaeta の比率は低い．このため，これら3種に対する E は高い値を示している．

湾中央の極細砂域では，底生生物の総重量は湾奥部と大きな差はない．p_i の値はマダイがほとんど摂らない Gastropoda や Scaphopoda などが高く，マダイの好む Gammaridea も多い．しかし r_i の値は Mysidacea が最も高く，SIPUNCULOIDEA, Caprellidea の順で，Gammaridea は比較的低い値をとっている．このため Mysidacea, SIPUNCULOIDEA, Caprellidea の E の値はたいへん高く，Gammaridea では E は逆に負の値を示している．このように r_i と p_i の値が大きく異っていることは，マダイが採集された場所と摂餌とした場所とが異っていることを示唆している．この水域には岩礁が点在している[2]ことが知られており，7月中・下旬以降にはマダイは岩礁域にも分布することから，これらのマダイが岩礁で摂餌している可能性もある．

湾奥部のアマモ場では底生生物の総重量は他の水域と比べて非常に多く，マダイの餌料となる Mysidacea, Gammaridea, Caprellidea などの量も多い．こ

Table 3-2. 1975年7月における湾内4カ所の重量組成より求めたIVLEV の選択指数
IVLEV's electivity index calculated from weight percentage data obtained at four different parts of the bay in July 1975. Consult with legend of Table 3-1 for explanation of symbols.

Area / Food item	Mouth part			Central part			Inner part			*Zostera* zone		
	ri	*pi*	*E*	*ri*	*pi*	*E*	*ri*	*pi*	*E*	*ri*	*pi*	*E*
Foraminiferida	—	28.21	− 1	—	0.80	− 1	—	7.89	− 1	—	—	—
Nematoda	—	—	—	0.73	—	1	—	—	—	—	—	—
PLATYHELMINTHSE	—	0.04	− 1	—	—	—	—	—	—	—	0.06	− 1
Polychaeta	8.86	0.74	0.85	6.44	3.16	0.34	14.04	11.08	0.12	3.66	3.01	0.10
SIPUNCULOIDEA	—	—	—	24.86	—	1	1.03	—	1	—	—	—
Gastropoda	—	1.52	− 1	—	19.66	− 1	—	3.71	− 1	—	—	
Scaphopoda	—	0.24	− 1	—	24.40	− 1	—	4.40	− 1	—	—	—
Bivalvia	—	16.94	− 1	—	5.01	− 1	—	8.25	− 1	—	—	—
Copepoda	0.02	—	1	—	—	—	0.01	—	1	0.28	—	1
Pantopoda	—	2.76	− 1	—	1.71	− 1	—	0.35	− 1	—	0.06	− 1
Ostracoda	—	1.57	− 1	0.23	0.12	0.31	0.14	—	1	1.56	0.51	0.51
Mysidacea	27.83	1.54	0.90	46.13	1.17	0.95	23.39	18.45	0.12	—	47.16	− 1
Cumacea	—	1.34	− 1	—	6.48	− 1	—	0.71	− 1	—	0.27	− 1
Tanaidacea	—	0.00	− 1	—	0.10	− 1	—	0.18	− 1	—	0.25	− 1
Isopoda	—	0.00	− 1	—	—	—	0.28	—	1	—	1.44	− 1
Gammaridea	62.05	2.23	0.93	4.37	15.66	−0.56	55.57	21.81	0.44	30.44	6.84	0.63
Caprellidea	—	0.07	− 1	16.54	0.01	1.00	1.34	2.89	−0.37	64.06	2.55	0.92
Natantia	—	0.08	− 1	—	—	—	—	—	—	—	34.55	− 1
Anomura	—	0.09	− 1	—	0.32	− 1	—	—	—	—	2.55	− 1
Brachyura	—	17.51	− 1	—	2.20	− 1	—	—	—	—	0.04	− 1
Sagittoidea	—	—	—	—	0.11	− 1	—	0.00	− 1	—	0.02	− 1
Ophiuroidea	—	2.36	− 1	0.70	9.76	−0.87	0.99	14.10	−0.87	—	0.01	− 1
Asteroidea	—	7.91	− 1	—	—	—	—	6.16	—	—	—	—
Echinoidea	—	0.00	− 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
fish egg	—	—	—	—	—	—	3.21	—	—	—	—	—
Brachyura larva	1.24	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lepidenotus sp.	—	11.30	− 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
others		3.55			9.33			0.02			0.68	
Total weight of benthos (mg/m²)		75.99			14.45			12.14			446.00	

れに対して r_i の値をみると，大形で分布密度の高いMysidacea は摂られておらず，Gammaridea, Caprellidea が多く摂られ，小形の餌料生物である Copepoda も個体数では多く摂られている．いくつかの海域ではアマモ場はマダイ幼魚の主要なすみ場所となっている[14~17]ことが知られているが，畔田[10]は分布密度からみて志々伎湾ではアマモ場はマダイのすみ場所として“2等地”であるとしている．餌となる生物の豊富なアマモ場でマダイの分布密度が低い理由は明らかでないが，志々伎湾ではマダイの索餌場所として湾奥部のアマモ場（7 m以浅）よりもアマモ場周辺部ないし縁辺部の細砂域* の方が相対的に適しているものと思われる．

分布集中期の主生息場におけるマダイの大きさによる胃内容物組成の違い

第1報[1]の付表に示す吾智網の定点別採集数より，MORISITA [18] の集中度指数 $I\delta$ を用いて，1975年から1978年のマダイ当歳魚の分布の集中度を比較した

* 志々伎湾の透明度は湾奥で6－9 mと内湾としては高く[3]，アマモは水深10 m付近（T 5近辺）まで見られる[5]．しかし，その密度は極めて低く，典型的なアマモ場は7 m以浅[2]に見られる．

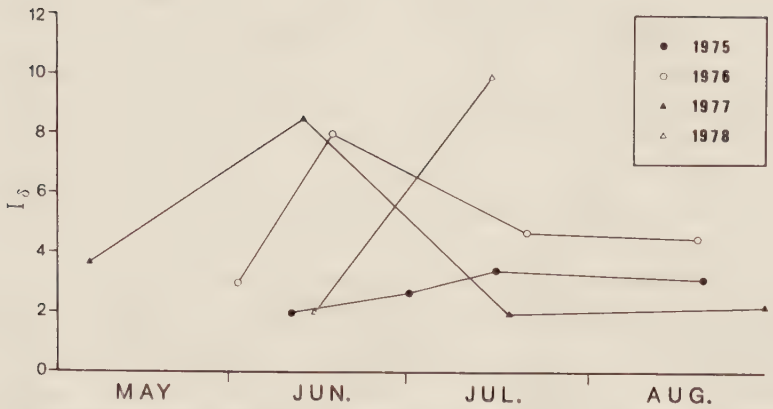


Fig. 3. 吾智網の採集結果から求めたマダイ当歳魚の MORISITA の分布の集中度指数 $I\delta$ の季節変化
Seasonal changes of Morishita's $I\delta$-Index (a index of the dispersion of individuals) calculated from O-group red sea bream collected by Gochi trawl.

(Fig. 3). $I\delta$ は次の式により計算した.

$$I_\delta = q\frac{\sum_{i=1}^{q} n_i(n_i-1)}{N(N-1)}$$

ただし　q ：操業した吾智網の定点数
n_i ：i 番目に操業した吾智網によって採集したマダイ当歳魚の尾数
N ：$N=n_1+n_2+\cdots\cdots n_i\cdots\cdots n_q$

松宮ら[19]に従えば，各年の7月におけるマダイの個体群密度の相対値は，1975年を1とすると1976年は0.69，1977年は3.92，1978年は0.31となっている．I_δ の採集時期ごとの変化をみると個体群密度の最も低い1978年には集中度は6月に低く，7月に高い．1975年は7月中旬，1976年・1977年は6月中旬に集中度が最も高くなる．この結果から，年変動はあるもののマダイは6月中旬から7月中旬に分布の集中が著しいことがわかる．

前節までは体長の違いを考慮せずに採集場所ごとの胃内容物組成について述べてきた．しかし，同一時期に同一場所で採集された標本にも，大きさにかなりの幅がある．そこで分布の最も集中する時期の主生息場で同一採集場所の標本を体長ごとに分けて胃内容物組成を検討した．試料として1976，1977年級群を用いた．1976・1977年の6月にマダイが最も多く採集された定点はいずれも湾奥部のアマモ場周辺の細砂域（1976年はG 1，1977年はG 2）であった．胃内容物調査に用いた標本の体長（尾叉長）組成を求め，CASSIE [20]の方法により，体長（尾叉長）階級の幅を5㎜および2㎜* にとり体長組成の分解を試みたが，いずれも明瞭に分解できないため，組成は単峰型であるとみなした．体長組成を Fig. 4-a に示す．畔田ら[8]は分布密度と成長について詳細に報告しているが，胃内容物調査に用いた標本では平均尾叉長は1976年が51.64㎜，1977年が34.80㎜で1977年の方が成長が遅れている（5％水準で有意）．標準偏差は1976年が4.46㎜，1977年が4.79㎜で分散に有意差はなかった．

一方，尾叉長階級ごとにまとめた胃内容物の組成をみると（Fig. 4-b），同一時期に同一場所で採集されたマダイはその大きさにより餌料生物を変えていることがわかる．1976年には，体長組成のモードである尾叉長5～5.5㎝ではその胃内容物組成は Gammaridea 49％，Mysidacea 42％であり，それ以上では尾叉長が大きくなるほど Gammaridea が減って Mysidacea が増え，それ以下の大きさでは逆に尾叉長が小さくなるほど Gammaridea が増え Mysidacea が減る．1977年にはモードである尾叉長3.5～4㎝の胃内容物組成は Gammaridea 75％，Copepoda 5％であるが，それ以上の大きさでは Copepoda はみられず魚卵（ダ

* この時期の1日あたりの成長は畔田ら[8]によれば，1976年は0.69㎜，1977年は0.66㎜であった．したがって体長の差を単純に加入時期の違いとみなせば，これらの幅はそれぞれ約7日および約3日の加入時期のずれを示す．

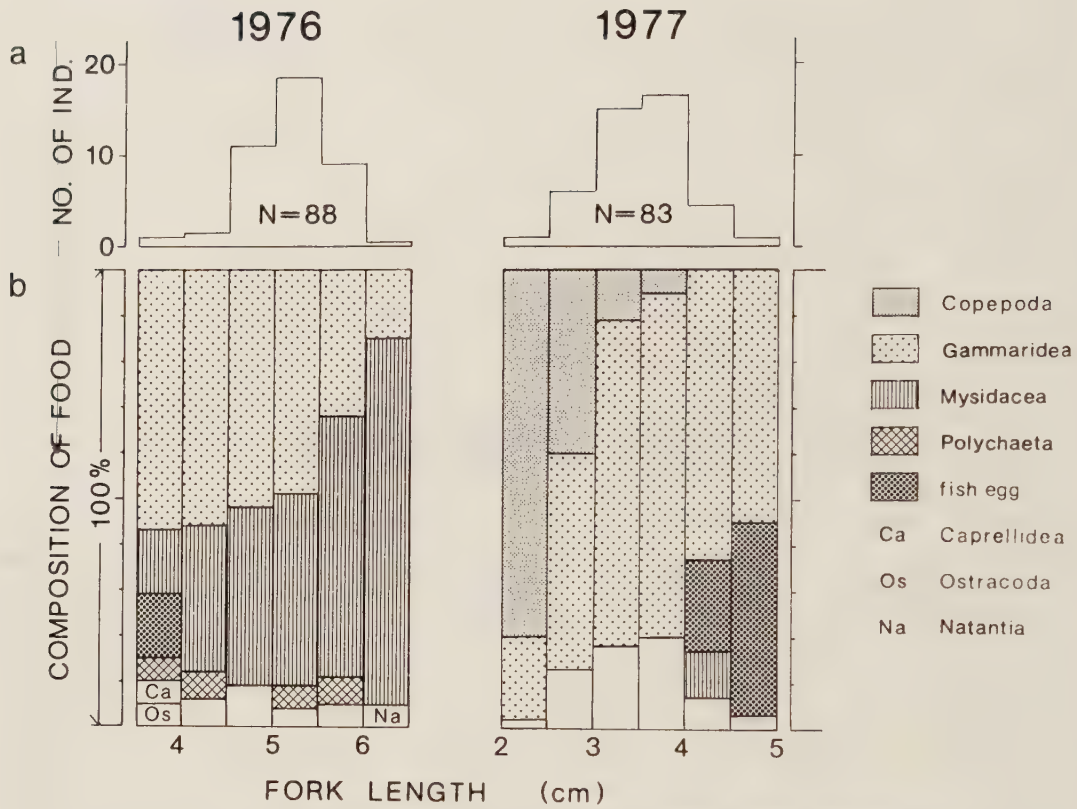


Fig. 4. 湾奥部で6月に採集されたマダイ当歳魚の体長組成（a）および体長別胃内容物組成（個体数%）（b）.
The size frequency distribution of O-group red sea bream collected at innermost part of the bay in June (a) and changes of stomach contents (numerical percentage) with size (b).

ツ目のものと思われる粘着卵）が多くなり，それ以下の大きさでは Gammaridea が減少し Copepoda が増加する．湾奥部における両年6月の NUS net[11] を用いた採集結果（東　未発表）による環境中の底生生物の組成を第1報[1] に示してある．これによると両年の Mysidacea および Gammaridea が環境中の底生生物全体に占る割合は，1976年には Mysidacea 53.02%，Gammaridea 36.89%，1977年には Mysidacea 1.60%，Gammaridea 16.58%となっている．また，同じデータによると1977年の Mysidacea の分布量（個体数）は1976年の約1/7，同じく Gammaridea の分布量は約4倍となっている．1976年のマダイは尾叉長3.5cm から6.5cmまでの全ての体長階級で Mysidacea を摂っており，1977年では Mysidacea はほとんど摂られていないことなどから，両年の胃内容物組成の違いは環境中の餌となる底生生物の量と組成の影響を強く受けていると考えられる．しかし，両年では著しく体長組成がずれており，環境中に Mysidacea の多い1976年にはモードである尾叉長5.5cm 以下のマダイの胃内には Gammaridea が環境中より多くみられ，逆に Mysidacea は環境中より少ないこと，1977年には尾叉長 3 cm 以下では小形の餌料である Copepoda に対する依存度が大きく，Gammaridea への依存度が低下することなどから，両年の間の胃内容物組成の相違は主として成長の年変動に基づくものと考えられる．両年のデータからは，6月に主生息場で採集されたマダイの大きさ別にみた胃内容物は，志々伎湾におけるマダイの成長に伴う平均的な餌生物の系列：Copepoda, Gammaridea, Mysidacea にほぼ従っているといえる．

食物を中心にみた生息場所の利用について

これまで述べたように，志々伎湾のマダイ当歳魚は底生生活移行初期の比較的分散した分布から，しだいに餌料環境のよい湾奥部細砂域へ集中するようになる．この過程ではマダイは湾奥部より湾口部の方が体長が小さい傾向があり，湾口部では小形の餌である Copepoda を多く摂り，湾奥部では Copepoda より大形の餌である Gammaridea を多く摂るという魚体の大きさの違いによる胃内容物組成の差異がみとめられる．分布の集中期には，湾奥部細砂域以外の水域は，マダイの分布密度が低い上に成長も悪く，マダイのすみ場所として劣っている．マダイの分布密度の高い湾奥部細砂域では，マダイはこの水域に多い Gammaridea を多く摂っている．また，マダイは分布密度が低い水域においては Gammaridea の外に湾口部では Copepoda, *Oikopleura*, Mysidacea など，湾中央部では Mysidacea, Caprellidea など，湾奥部アマモ場では Copepoda, Mysidacea, Caprellidea などを多く摂り，胃内容物組成はすみ場所により変化が大きい．マダイ個体群の分布密度が高い水域でも，マダイは体長組成に幅があり，大きさに応じて餌を変えている．マダイは7月中・下旬ころより成長に伴って生活領域を拡大してゆき，分布の集中度は低下する（Fig. 3）．また，マダイは多くのすみ場所でその餌を Gammaridea から Mysidacea, Polychaeta などの大形の生物にしだいに移行してゆく．マダイは個体群密度の高い年には，価値の低いすみ場所まで進出したり，多くのすみ場所で Copepoda などの小形の生物まで利用している．

このように，志々伎湾のマダイ当歳魚は成長過程を通じて，その小生息場所の餌料環境に応じて，種々の生物を摂食している．他の海域のマダイの食物組成[15,17,21~23]をみても その食物にはかなりの幅があり，マダイ当歳魚は広い幅をもった食性を示すといえる．このような食性の幅の広さにより，志々伎湾のマダイの食物利用は，基本的には志々伎湾のマダイの餌料の系列：Copepoda, Gammaridea, Mysidacea に従っているものの，それぞれのすみ場所に応じて一定の範囲内で多様化している．マダイ個体群内では，その体長組成が湾口部・湾奥部といった水域ごとにみて異っているだけでなく，同一生息場所でも魚体の大きさに幅がみとめられる．このため水域間でも同一生息場所内でも魚体の大きさによって餌となる生物が変っており，結果的にはマダイはすみ場所と餌となる生物を個体群内で有効に利用していると考えられる．今林ら[15]，畔田ら[8]はマダイ当歳魚が他の魚より優先的にすみ場所を利用したり，餌を摂ったりすることをみとめている．志々伎湾におけるマダイの個体群密度は1975年から1978年の4年間で10倍以上の幅で変動しており，マダイはこれらの性質や食性の広さにより，個体群密度の高い年には，価値の低いすみ場所まで利用したり，個体群密度の低い年には利用しない餌まで利用して個体群の維持を図っているものと考えられる．

要　約

長崎県平戸島志々伎湾において1975年から1978年にかけて小型底びき網と吾智網によって採集したマダイ当歳魚の胃内容物調査を行い，すみ場所による胃内容物組成の違いと，同一採集点における体長の差に基づく胃内容物組成の違いを検討した．これらの結果からマダイ当歳魚個体群の食物を中心とした生息場所利用について考察した．

1．小生息場所により分布するマダイの大きさおよび密度や餌となる生物の組成および量が異るため，同時期に湾内で採集されたマダイでも小生息場所の違いによりその胃内容物組成は異る．

2．マダイの個体群密度・成長・分布様式や餌となる生物の組成と量には年変動があり，小生息場所ごとにみたマダイの胃内容物組成にもこれらに伴って一定の範囲内で年変動がみとめられる．

3．同一時期に同一採集点で採集したマダイにも，体の大きさに応じて胃内容物組成に相違がみとめられる．

4．マダイ当歳魚は広い幅をもった食性を示す．また，志々伎湾に生息するマダイ当歳魚には魚体の大きさに幅があり，かつ大きさに応じた分布と食性を示す．マダイはこれらの性質によって湾内の多様なすみ場所と餌となる生物とを効率よく利用している．

文 献

1) 木曾克裕 1980：平戸島志々伎湾におけるマダイ当歳魚個体群の摂餌生態—Ⅰ．成長に伴う餌料の変化とその年変動．西水研研報，(54)，291-306．

2) 木曾克裕 1980：平戸島志々伎湾の海底地形と海底堆積物の特徴．西水研研報，(54)，135-140．

3) 浜田七郎 1980：志々伎湾の海況特性．西水研研報，(54)，141-155．

4) 玉井一寿 1980：志々伎湾における海水の流動—Ⅰ．1975年冬季．西水研研報，(54)，157-169．

5) 東 幹夫・陣野聡子 1980：平戸島志々伎湾の底生動物群集—Ⅰ．マクロベントスと堆積物による生息場所分析の試み．西水研研報，(54)，195-208．

6) 中坊徹次 1980：志々伎湾の底生魚類群集—Ⅰ．主要種の分布と群集の区分．西水研研報，(54)，209-229．

7) C. S. Elton 1933：The ecology of animals. Methuem & Co. Ltd., London.〔川那部浩哉・松井宏明・井原敏明・堀 道男・谷田一三共訳 1978：動物の生態．293 pp., 思索社，東京．〕

8) 畔田正格・池本麗子・東 幹夫 1980：志々伎湾における底生生活期マダイ当歳魚の分布と成長．西水研研報，(54)，259-278．

9) 中坊徹次 1980：志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構—マダイ幼魚をとりまく底生魚類群集の特徴．資源培養方式開発のための若齢期タイ類補給機構に関する研究（研究成果シリーズ**129**），116-119．農林水産技術会議事務局．

10) 畔田正格 1980：志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構—分布・成長・日周期活動．資源培養方式開発のための若齢期タイ類補給機構に関する研究（研究成果シーズ**129**），125-129，農林水産技術会議事務局．

11) 東 幹夫 1980：志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構—ベントス．資源培養方式開発のための若齢期タイ類補給機構に関する研究（研究成果シリーズ**129**），111-116，農林水産技術会議事務局．

12) V. S. Ivlev 1955：Experimental ecology of fish nutrition. Moscow (in Russian).〔児玉康雄・吉原友吉共訳 1965：魚類の栄養生態学，魚の摂餌についての実験生態学．261 pp., 新科学文献刊行会，米子〕

13) 木曾克裕 1981：平戸島志々伎湾におけるチダイ当歳魚個体群の摂餌生態，西水研研報，(56)，15-26．

14) 梶山英二 1937：鯛．143 pp., 杉山書店，東京．

15) 今林博道・花岡 資・高森茂樹 1975：生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態—Ⅰ．他魚種との関係．南西水研研報，(8)，101-111．

16) 兵庫県水産試験場 1972：昭和46年度日本海栽培漁業漁場資源生態調査報告書（マダイ）．62 pp.

17) 尾形哲男・伊東 弘・加藤史彦 1980：能登海域におけるマダイ資源の補給機構，着底期．資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究（研究成果シリーズ**129**），26-40，農林水産技術会議事務局．

18) M. Morisita 1959: Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. *Mem. Facul. Sci. Kyusyu Univ., Ser. E (Biol.)*, **2**, 215-235.

19) 松宮義晴・遠藤義文・畔田正格 1980：志々伎湾におけるマダイ当歳魚の資源量推定．西水研研報，(54)，315-331．

20) R. M. Cassie 1954：Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distributions. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* **5**, 513-522.

21) 神奈川県水産試験場 1974：昭和48年度太平洋中区栽培漁業漁場資源生態調査報告書，79 pp.

22) 福岡県福岡水産試験場 1973：幼魚生態．昭和47年度東シナ海・有明海栽培漁業漁場資源生態調査とりまとめ報告書（A．九州西海域篇），35-50，西日本海域栽培漁業事業化推進協議会．

23) 大森迪夫 1980：油谷湾におけるマダイ当歳魚の食性．西水研研報，(54)，93-103．

西水研研報 第57号，昭和57年3月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No. 57, Mar. 1982

西日本海域におけるマアジの成長と年齢について

中　嶋　純　子

On the Growth and Age of Three Populations of Jack mackerel, *Trachurus japonicus*, in the Western Seas of Japan

Junko NAKASHIMA

The occurrence of at least three separate populations of Jack mackerel, *Trachurus japonicus*, in the western seas of Japan has been already made clear based on the analyses of the patterns of scales and otoliths. In the present paper, age and growth were analyzed in each different population using otoliths (6,173 individuals) accumulated during the period 1955 to 1969.

The results obtained are as follows:

1) The relationship between otolith size(R) and fork-length(FL) in the W, S and F type of population could be expressed by the parabolic equations.

W type: $FL=3.82+1.46R+0.840R^2$

S type: $FL=-2.37+4.81R-0.415R^2$

F type: $FL=23.67-10.27R+2.555R^2$

2) The marginal growth index (R-r_n/r_n-r_{n-1}) changes seasonally. The marks of each population were formed as follows:

W type: formed in the winter season annually.

S type: formed in the spring season annually.

F type: formed in the early winter season annually.

These populations have different periods of formation, which correspond closely to the periods of spawning respectively.

3) The growth of each population was calculated according to Bertalanffy's equations as:

W type: $Lt=40.4\ (1-e^{-0.312\ (t+0.75)})$; $W=0.0134L^3$

S type: $Lt=38.6\ (1-e^{-0.350(t+0.60)})$; $W=0.0117L^3$

F type: $Lt=32.5\ (1-e^{-0.259(t+1.47)})$; $W=0.0144L^3$

4) The monthly fork-length frequency of the Jack mackerel caught with purse seine were observed as polymodal distribution. Applying the growth curve in length

昭和56年12月4日受理（Received December 4, 1981）
西海区水産研究所業績 第394号（Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 394）

of the W and S type populations examined, a side shift of the fork-length distribution of W and S type indicating growth, can be smoothly traced in the areas from the central East China Sea to the Southwest of Japan Sea. In the southern East China Sea this result was also recognized as adaptable to the growth of F type population.

西日本海域の大中型まき網漁業によるマアジ漁獲量は，1965年に最高の39万トンに達したが，1967年以降急速に減少し，近年では5万トン前後にとどまっている．しかし，その高い経済性のため，漁業者のマアジ資源に寄せる関心は依然として大きい．

マアジ資源の研究に重要な役割りを果す成長と年齢との関係についての研究はかなり古くから行われ，対馬暖流流域のものについても，三浦ら[1]，三谷ら[2]，Ann [3] などの報告がある．とくに，三谷ら[2] は筆者の場合と同じく東シナ海で操業する大中型まき網漁業によって漁獲された標本に基づいて解析を行っている．その後，堀田ら[4-8] はこの海域のマアジの群構造について，漁況，鱗相，耳石の性状，形態的特性，成熟などによる解析の結果，3つの性質を異にする群―東シナ海中部群，九州北部群，東シナ海南部群―がみられることを明らかにした．したがって，マアジの成長と年齢との関係についても，この見地から再検討する必要があると考えられる．

この報告では，耳石を用いて成長と年齢の関係について上記3系群別に検討した結果を述べる．

本文に入るにさきだって，この研究について終始ご指導いただいた堀田秀之前浮魚資源部長（現在，日本エヌ・ユー・エス㈱），真子渺資源部長には，心から厚くお礼を申しあげる．また，ご校閲をいただいた本城康至浅海開発部長，長い年月に亘って標本採集や魚体測定などにご協力いただいた山口県外海水産試験場，福岡県福岡水産試験場，佐賀県水産試験場，長崎県水産試験場，熊本県水産試験場，鹿児島県水産試験場，当所浮魚資源部および下関支所の担当者の皆様に心から感謝を申しあげる．

材 料 と 方 法

年齢査定に用いた耳石標本は，1955年から1969年までの14年間に，主として長崎魚市場に陸揚げされた大中型まき網および中型まき網漁船の漁獲物から，1群10～30尾を抽出し採取した．月別の標本数は表1のように6,173尾である．

採取した耳石は，水洗した後魚体記録と漁獲記録とをそえて保管されていたものを用いた．検鏡はキシロールを入れたホーログラスに耳石の凹んだ面を上にして沈め，反射光線で20倍にして計測した．また，魚体が大きくて耳石の厚いものは，油砥石で若干研磨した．

耳石の計測は，中心から後端に走る最長軸で行い，これを耳石径（R）とした（図1）．ほぼ楕円状の中心域の不透明帯の外側までを中心域径，（r_0）また，中心からそれぞれの不透明帯の外縁までを輪径*（透明帯径）r_n とした．

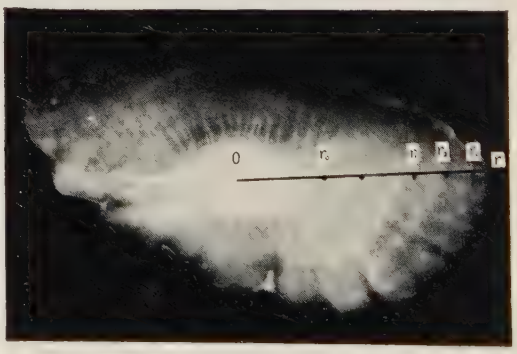


図1. 耳石の計測部位
r_0：中心域径
r_1, r_2, r_3：輪径
or：耳石径（R）

* 堀田・中嶋[6] では，透明帯径とよんだ．

表1．耳石型によって分類した月別標本数（1955～'69年）

耳石型＼月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
W型	147	181	216	253	128	161	198	173	140	312	187	178	2,274
S型	114	181	167	165	218	349	285	308	469	169	232	157	2,814
F型	167	60	100	164	284	66	110	20		45	10	59	1,085
合計	428	422	483	582	630	576	593	501	609	526	429	394	6,173

得られた結果

1．耳石径と尾叉長との関係

マアジの耳石は，中心域外側の透明帯，不透明帯の形成状態によって3つの型に分類される．耳石の性状については堀田・中嶋[6]で詳しく述べたが，参考のためそれを要約し，あわせて耳石タイプを系群との関係を括弧内に付記する．

W型：中心域のすぐ外側の透明帯の幅が狭く，その外側にかなり明瞭な不透明帯がある（東シナ海中部群）．

S型：中心域のまわりの透明帯の幅は非常に広く，その外側の不透明帯は不明確である（九州北部群）．

F型：耳石の性状はS型に似ているが，すべての透明帯の幅はW・S型に比べて狭く，かつ不透明帯から透明帯に移る変化も前者に比べ不明瞭である．東シナ海中部以北の魚体からこの型はほとんどみられない（東シナ海南部群）．

マアジの耳石は，不透明な中心部を囲んで透明帯と不透明帯が交互にみられる．三渕ら[1]も述べているように不透明帯から透明帯に移る境界は明瞭に認められるので，ここを輪紋とみなした．タイプ別・輪群別の輪紋の現われ方を図版1～3に例示した．

以上の基準に基づいて，各標本のふるいわけを行った結果を前述の表1に示した．

この結果から，耳石径と尾叉長の関係をタイプ別に示すと，図2のようにほぼ放物線にのり，それぞれ次式によって示される．

W型：$FL = 3.82 + 1.46R + 0.840R^2$

S型：$FL = -2.37 + 4.81R - 0.415R^2$

F型：$FL = 23.67 - 10.27R + 2.555R^2$

FL，尾叉長（cm），R，耳石径（mm）．

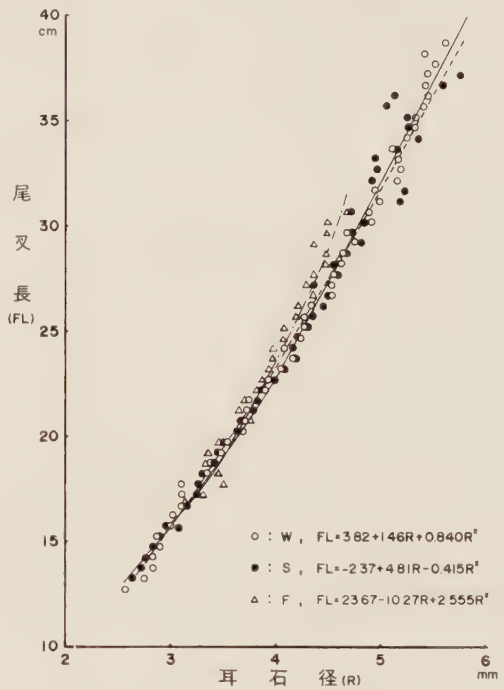


図2．耳石径（R）と尾叉長（FL）の関係

2．輪径分布

耳石の中心から不透明帯の外縁までの輪径（r_n(mm)，$n = 1 \sim 6$）を，それぞれ計測しタイプ別・輪群別に輪径（r_n）の頻度分布を0.2mm間隔で図3に示した．W型では6輪，S型では5輪，F型では4輪まで計測されたが，いずれの輪数でも輪径頻度分布はほぼ正規型を示し，年齢をますにしたがい，その重複は大きくなるが，峯は明らかに認められる．

タイプ別・輪群ごとの平均輪径を整理すると表2に

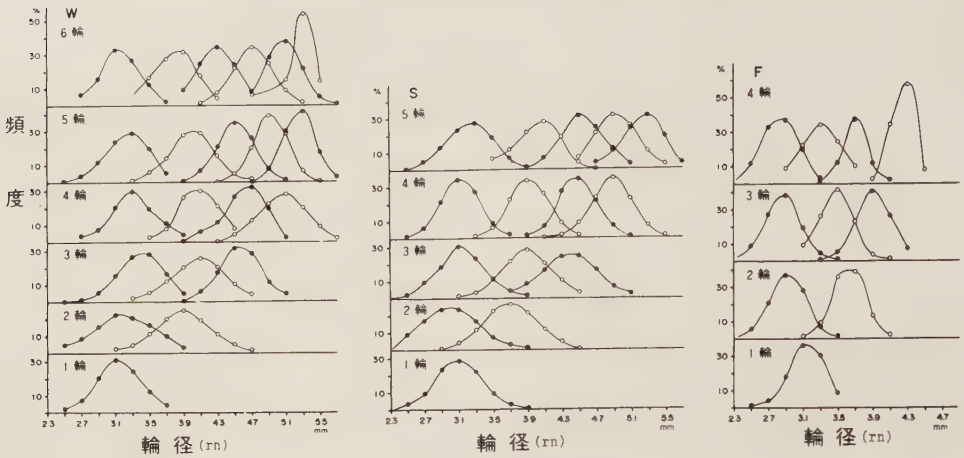


図3. 各タイプ別の輪径の頻度分布

表2. 耳石の輪径と計算尾叉長 (ℓn)

耳石型	輪紋数＼輪群	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6
W型	I	3.10					
	II	3.10	3.70				
	III	3.50	4.10	4.50			
	VI	3.10	3.90	4.70	5.10		
	V	3.30	4.10	4.50	4.90	5.30	
	VI	3.10	3.70	4.30	4.50	4.90	5.30
	平均	3.20	4.00	4.50	4.90	5.20	5.30
	ℓn	17.12	23.14	27.45	31.19	34.17	35.21
S型	I	3.10					
	II	3.10	3.70				
	III	3.30	3.90	4.30			
	VI	3.10	3.70	4.70	4.90		
	V	3.10	3.90	4.50	4.90	5.10	
	平均	3.10	3.90	4.50	4.90	5.10	
	ℓn	16.53	22.70	27.68	31.16	32.95	
F型	I	3.20					
	II	2.90	3.60				
	III	2.80	3.50	3.90			
	VI	2.80	3.40	3.90	4.10		
	平均	2.90	3.50	3.90	4.10		
	ℓn	15.38	19.02	22.48	24.51		

示すとおりになる．三谷ら[2]は，鱗にあらわれる輪紋について Lee 現象を認めているが，表に示されるように，耳石の場合には，とくにそのための補正を行う必要はないと判断される．そこで，表2の r_n の平均値が輪形成時の輪径を示すものとし，この値を前掲の耳石径—尾叉長関係式に代入して輪紋形成時の尾叉長（計算尾叉長 ℓ_n）を求め，あわせて表2に示した．

3. 輪紋形成時期の推定

輪紋形成時期について三渕ら[1]は，耳石の縁辺成長率 $(R-r_n)/(r_n-r_{n-1})$ から7～8月に形成されるとし，三谷ら[2]は，鱗の縁辺成長率から確定的な結論は得なかったが，大体2～3月ごろと8～9月ごろとの2回に輪紋が形成されると推定した．また，Ann[3]は同じく鱗を用いて年1回，3～6月に形成されるとしている．これらの報告によるマアジの縁辺成長率の季節変化は，同じ海域に生息するマサバ[9]の場合に比べて不明瞭である．事実図4に示されるように平均縁辺成長の月変化からは，輪紋の形成時期は各タイプとも必ずしも明瞭ではない．しかし，図からみるとW型では冬季，S型では春季，F型では厳冬期にかけて，それぞれ年1回形成されるものと推定される．

4. 成長方程式と成長曲線

堀田ら[8]によれば，西日本海域のマアジの産卵期は

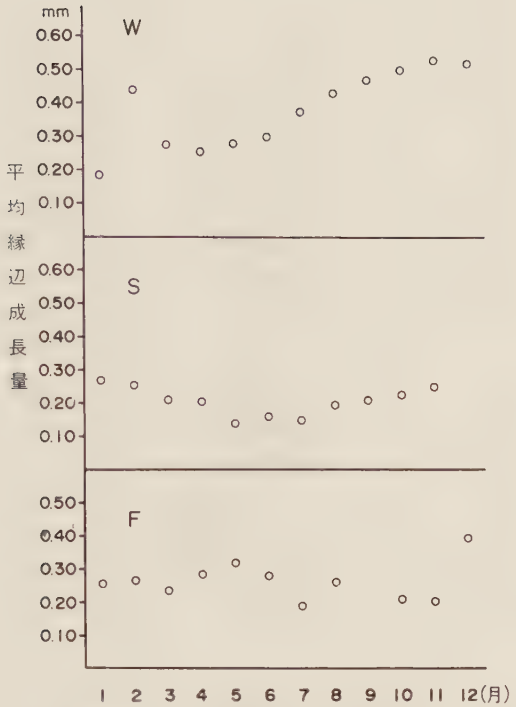


図4. タイプ別平均縁辺成長率の月変化

W型群では2・3月，S型群では4・5月，F型群では1・2月とみられている．したがって，前項で述べた輪形成時期と産卵期とはほぼ一致し，表2に示した計算尾叉長 ℓ_n は満 n 年に達したときの尾叉長を現わしているとみなされる．これによって WORFORD の定差図を画くと図5がえられる．図5は計算尾叉長について画いたものであるが，同時に計算の基礎となった輪紋が等時隔毎に形成されたことを示している．

魚の成長と年齢との関係を表わす成長方程式としては，BERTALANFFY，GOMPERTZ，Logistic などの式が知られている．表2の計算尾叉長を用いてこれらの式による成長曲線を図6に示した．これらの曲線はよく類似しており，各点との適合度も高い．しかし，ここでは生物学的な根拠が明確で，しかも広く利用されている BERTALANFFY の成長式 ($Lt=L_\infty(1-e^{-k(t-t_0)})$) によって示すと，各タイプ毎に次式で表わされる．

W型：$Lt=40.4\ (1-e^{-0.312(t+0.75)})$

S型：$Lt=38.6\ (1-e^{-0.350(t+0.60)})$

F型：$Lt=32.5\ (1-e^{-0.259(t+1.47)})$

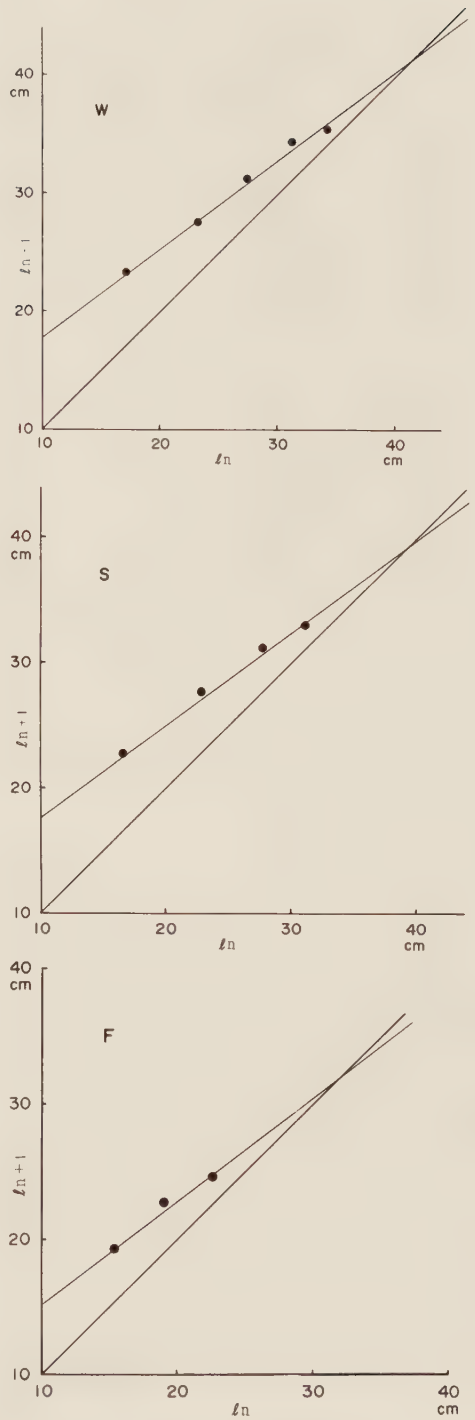


図5. 計算尾叉長における定差図

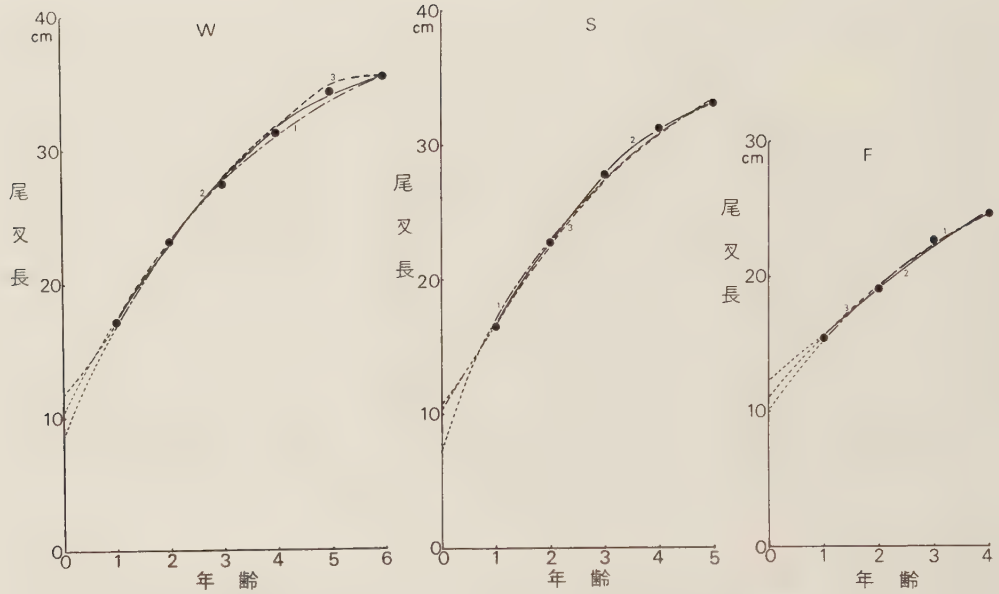


図6. BERTALANFFY (1), GOMPERTZ (2), LOGISTIC (3) 成長曲線

但し，Lt は t 歳における尾叉長 (cm)，t は年齢を示す．

なお，体重 (W) と尾叉長 (L) の関係は次のとおりである．

W型：$W=0.0134L^3$

S型：$W=0.0117L^3$

F型：$W=0.0144L^3$

Wは体重 (g)，Lは尾叉長 (cm)．

表3は，満年齢における尾叉長（表2参照）とBERTALANFFYの式による理論値とを比較したもので，図6にも示したように両者の適合度は極めて高い．

1955年から1968年の資料に基づいて，東シナ海中部域から日本海南西域にかけての海域と東シナ海南部域* に分けて，マアジの月別尾叉長組成を図7および図8に示した．それぞれの図から明らかなように，いくつかの峯が認められる．求められた満年齢時の尾叉長値は，図の峯の位置とほぼ合致し，その後の経月的な尾叉長組成の峯の移動を追跡することができる．したがって，前者の海域の組成はかなり複雑であるが，耳石の性状によるふるいわけと，その年齢構成によって，複雑な組成の峯の相互関連をほぼ無理なく追跡できる．後者の東シナ海南部域においても同様に，組成図の峯は追跡できる．このことから，不明瞭ながら輪形成期についての推定もほぼ妥当のように思われる．

表3. マアジの年齢別尾叉長
満年齢時における観測尾叉長（表2）と理論値（Bertalanffy 式）とを示す．

単位：cm

耳石型＼年齢		1	2	3	4	5	6
W型：東シナ海中部群	観測値	17.12	23.14	27.45	31.19	34.17	35.21
	理論値	17.00	23.27	27.86	31.22	33.68	35.48
S型：九州北部群	観測値	16.53	22.70	27.68	31.16	32.95	—
	理論値	16.55	23.06	27.65	30.88	33.16	—
F型：東シナ海南部群	観測値	15.38	19.02	22.48	24.51	—	—
	理論値	15.36	19.27	22.29	24.62	—	—

* この資料は，堀田・中嶋[8]が報告したように，台湾省水産試験所から提供されたものを含んでいる．

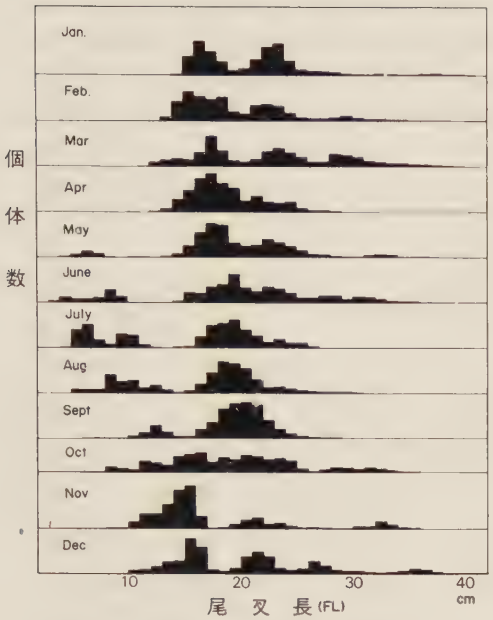


図7. 東シナ海中部以北における尾叉長組成

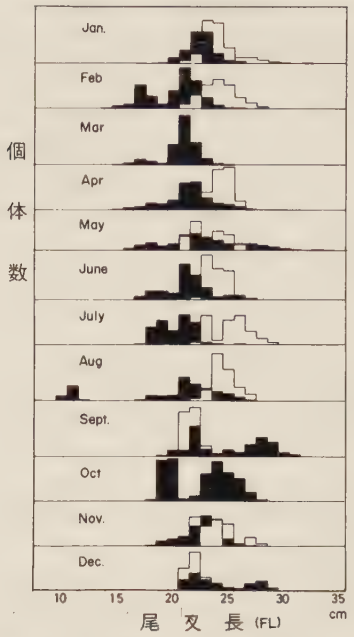


図8. 東シナ海南部における尾叉長組成
（白ぬきは台湾省水産試験所の資料）

論　議

三尾[10]は，定差図によって魚類の成長を比較し，定差式の係数（ℓ_t と ℓ_{t+1} との関係図における傾斜，成長方程式では e^{-k} で与えられる）は，同一種では比較的安定していると述べている．マアジの係数はW，S，F型の順にそれぞれ0.732，0.705，0.772となり，S型とF型との間では約10%の差が認められ，三尾[10]が検討した他魚種に比較してかなり大きな差といえる．また，年間成長は $\ell_{t+1}-\ell_t=L_\infty \cdot e^{-k(t-t_0)} \cdot (1-e^{-k})$ で，単純には比較できないが，一般には定差図の傾斜が大きい方が成長は遅いとみられる．マアジの年間成長量は，各年齢群ともW型とS型とでは大体似ているが，F型では非常に小さい．F型の耳石を持つ群は短小型で寿命も短いことが考えられ，しかも，この群の分布は他の2群とはほぼ分離し東シナ海南部に限られ，マアジの分布域のなかでは南限に近いことから，このような差を生じたものと思われる．

次に，マアジの成長と年齢に関する既往の知見と本報告の結果との差について検討する．表4は三渕ら[1]，三谷ら[2]，Ann [3] および本報告の年齢別の計算尾叉長を比較したものである．この問題に関する報告は上記以外にもいくつかあるが，それらについては三谷ら[2]の報告に詳しいので，ここでは東シナ海域の標本による近年の報告についてのみ検討を行った．

本報告におけるF型群は，前述のようにほぼ東シナ海南部に限って分布すると推定されるので，一応比較の対象から除外することとする．W型・S型の成長は三渕ら[1]，三谷ら[2]の結果よりやや遅い．とくに三谷らの結果とは2歳以上で約1年の成長差が認められる．年齢査定形質として，三渕らおよび本報告は耳石，三谷らおよびAnnは鱗を用いており，輪紋形成については，三谷らが年2回とした以外はすべて年1回としている．ただし，三谷らは，年1回とみるかあるいは2回とみるかは，輪紋の読み方によるとしているので，ここでは形成回数の問題は考慮しないこととする．

なお，本報告における輪紋形成時期の推定について

表5. 既往結果との比較

著者		三渕ら[1] 1958	三谷ら[2] 1964	ANN[3] 1973	本報告		
材料		耳石	鱗	鱗	耳石		
産卵期		5-6月	2-3月	6-8月	2-3月	4-5月	1-2月
	系群				W型	S型	F型
満年齢	I	18.7*	18.5	14.2	17.0	16.6	15.4
	II	24.9	26.7	20.4	23.3	23.1	19.3
	III	29.0	31.0	25.3	27.9	27.7	22.3
	VI	32.0	33.6	29.1	31.2	30.8	24.6
	V	34.5	34.4	32.0	33.7	33.2	
	VII			34.3	35.5		

* 計算体長は，三谷ら[2]が三渕ら[1]の式によって求めたものである．

も，若干問題が残されており，今後さらに検討が必要と思われる．

マアジの群構造に関連して，春および秋漁期に出現する魚体の大きさは，約半年の時期的な差があるにもかかわらず，両漁期とも16cm前後と20cm前後にモードがあること[4]，鱗・耳石に現われる輪紋の性状と春・秋両漁期の魚群の相互関連は，W型群では，秋漁期15cm前後→春漁期17cm前後→秋漁期21・22cmへ，また，S型群では，春漁期13・14cm→秋漁期18・19cm→春漁期21cm前後へと，それぞれ移行すること[4]が報告されている．本報告で得られた各耳石タイプ別の年齢と成長に基づくと，東シナ海中部～日本海南西部にかけての海域および東シナ海南部海域における月別の尾叉長組成の複雑な峯の移動は，ほぼ無理なく追跡できる．したがって，前述の成長に関する推定は，ほぼ妥当なものと思われる．結局，既往知見との差は，筆者はマアジの成長を系群別に検討したことによるものと考えられる．

成熟に関し，三渕らは満2歳群で成熟した雌がみられるとしているが，この成熟尾叉長は25cm前後であると推定される．一方，堀田ら[8]は，22・23cm群（2歳魚）の一部が成熟するとし，真子[11]は，1966年前後を境としてマアジの群成熟率に変化が認められ，以前には25cm以上群に成熟雌がみられたが，近年では20cm台のもので成熟するものが増加しているとした．したがって，三渕ら[1]と堀田ら[8]の報告は成熟体長に関してはいずれも問題はなく，その年齢への読みかえに差があるとみられる．しかし，22・23cmで成熟する個体群が増加していることは，この大きさ付近で満年齢に達することを示唆している．ANN[3]の場合，成長は著しく遅いが，取り扱った資料は堀田ら[8]が述べたように7・8月に産卵する群によるものと思われ，W型・S型のよりやや北方に分布するこの群では，成長にも若干の差があることも考えられる．

要 約

西日本海域に分布するマアジについて，耳石による年齢査定を行い，3系群に区別して，その成長と年齢の関係を検討した．

1) マアジの耳石には，輪紋の性状によってW型，S型，F型の3型が認められる．

2) 各タイプの耳石径（R）と尾叉長（FL）の関係は，次のように放物線の式にそれぞれ示される．

W型（東シナ海中部群）：

$$FL=3.82+1.46R+0.840R^2$$

S型（九州北部群）：

$$FL=-2.37+4.81R-0.415R^2$$

F型（東シナ海南部群）：

$$FL=23.67-10.27R+2.555R^2$$

3) 輪紋形成期は，W型では冬季，S型では春季，F型では厳冬季に，それぞれ年1回形成され，これらの輪形成時期は，各群の産卵期とほぼ一致する．

4) 本種の成長をBERTALANFFYの成長式で各タイプ毎に示すと次式となり，また，体重と尾叉長の関係も次式であらわされる．

W型（東シナ海中部群）：

$$L_t=40.4\ (1-e^{-0.312(t+0.75)})$$

$$W=0.0134L^3$$

S型（九州北部群）：

$$L_t=38.6\ (1-e^{-0.350(t+0.60)})$$

$$W=0.0117L^3$$

F型（東シナ海南部群）：

$$L_t=32.5\ (1-e^{-0.259(t+1.47)})$$

$$W=0.0144L^3$$

5) 東シナ海中部～日本海南西域にかけての海域にあっては，本報告のW型，S型の成長の交互の組合せにより，また，東シナ海南部海域にあってはF型および台湾省水産試験所の資料により，月別尾叉長組成の複雑な峯の移動をそれぞれ無理なく追跡できる．

6) 西日本海域におけるマアジの成長と年齢に関する既往の知見との相違は，マアジを系群別に検討した結果によって生じたものと思われる．

文　献

1) 三渕英弘，岸田源治，塩見元晶，相川広秋 1958: マアジの年齢，成長および成熟．対馬暖流開発調査報告，第4輯，133-144.

2) 三谷文夫・井田悦子 1964: マアジの成長と年齢．日水誌，**30** (12)，968-977.

3) Ann , H. B. 1973: Studies on the Age and Growth of the Jack Mackerel, *Trachurus japonicus* (Temminck et Schlegel). *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, (10), 73-85.

4) 堀田秀之・真子　渺 1970：西日本海域におけるマアジの群構造に関する研究一Ⅰ．本誌，(38)，87-100.

5) 　　・島野禎介 1970：同上一Ⅱ．本誌，(38)，101-111.

6) ――――・中嶋純子 1970：同上一Ⅲ．本誌，(38)，113-121.

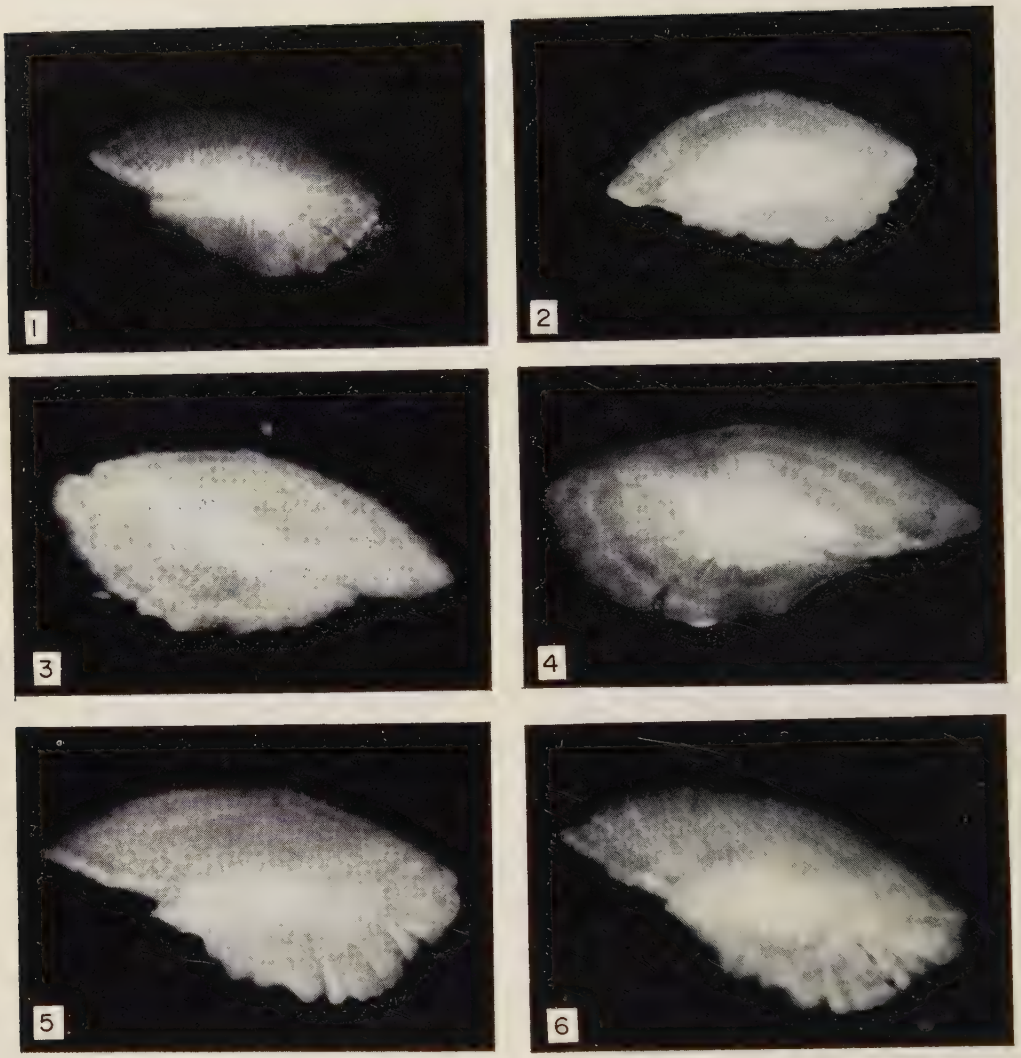
7) ――――・真子　渺・小川信次・岸田周三・中嶋純子 1970：同上一Ⅳ．本誌，(38)，123-129.

8) ――――・中嶋純子 1971：同上一Ⅴ．本誌，(39)，33-50.

9) 大内　明・濱崎清一 1979：日本海西部・東シナ海におけるマサバの系統群．同誌，(53)，125-152.

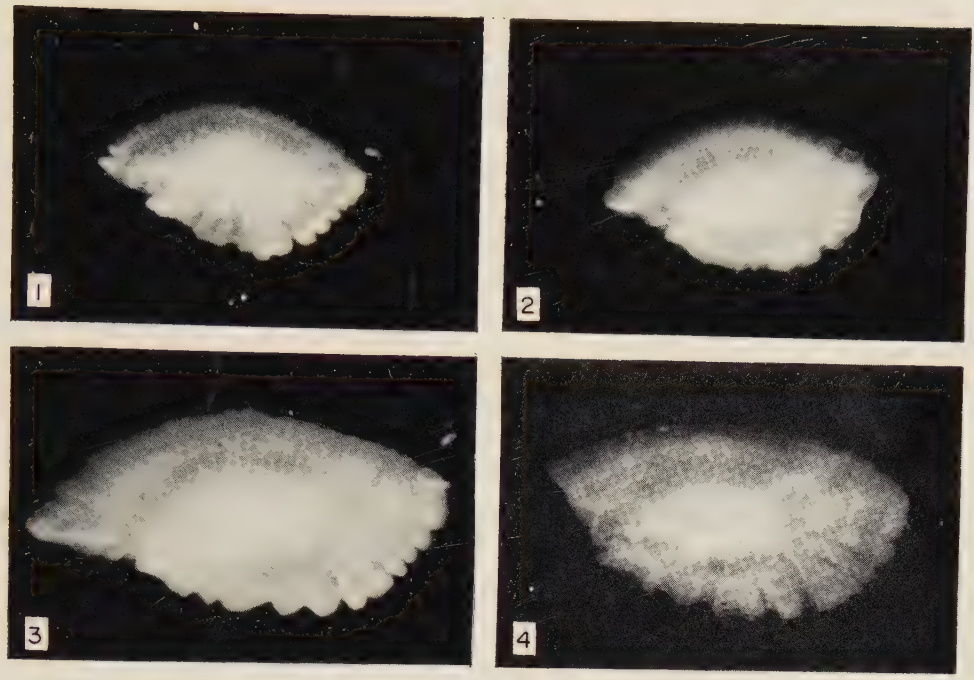
10) 三尾眞一 1965：指数による魚類の成長の比較．日水研研報，(15)，85-94.

11) 真子　渺 1971：マアジの漁況予測のための諸問題．第13回西海区水研ブロック漁海況予報会議におけるシンポジウム "漁況研究の進め方" 報告書．西水研，58-64.

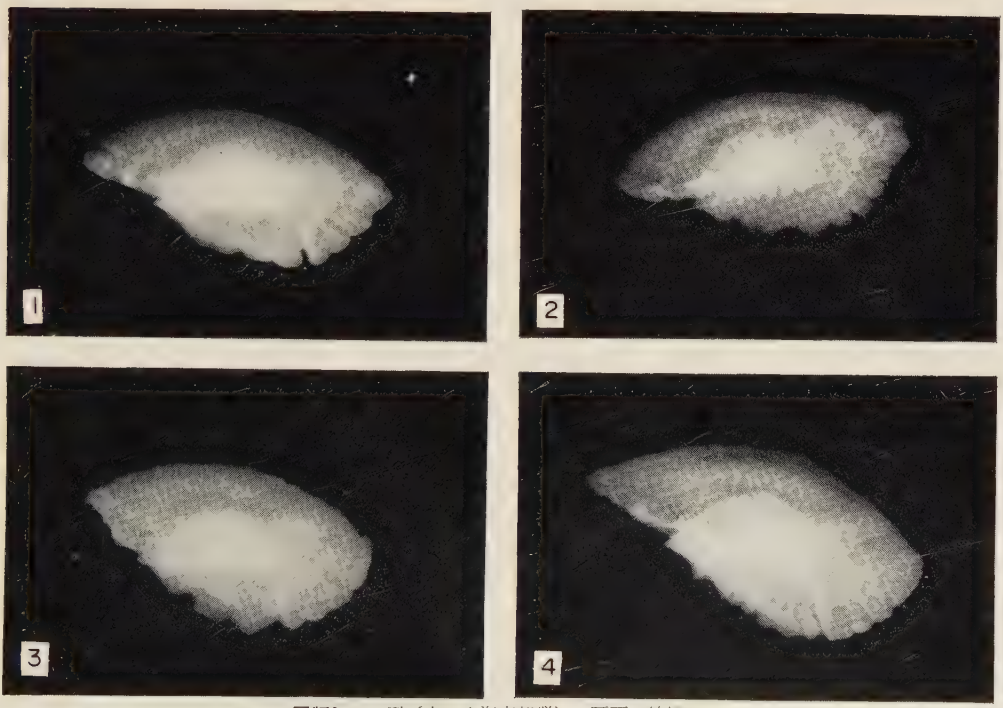


図版1. W型（東シナ海中部群）の耳石の輪紋

1：1 輪形成中　　2：1 輪 群　　3：2 輪 群
4：3 輪 群　　5：4 輪 群　　6：5 輪 群



図版2.　S型（九州北部群）の耳石の輪紋
1：1 輪形成中　　2：1 輪群　　3：2 輪群　　4：3 輪群



図版3.　F型（東シナ海南部群）の耳石の輪紋
1：2 輪群　　2：2 輪群　　3：3 輪群　　4：3 輪群

西水研研報 第57号，昭和57年3月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No. 57, Mar. 1982

玉縄の漁獲機構
—— 一はえ内での漁獲分布と釣針占有における魚種間競合の可能性 ——

前田　弘*・北島　忠弘・広瀬　誠*・内田　和良*
浜口　正人*・俵　悟*

Mechanism of Bottom Longline to Catch Groundfish
—— Consideration on Interspecific Competition among Groundfishes Observed in Baited Hook Occupation ——

Hiroshi MAÉDA*, Tadahiro KITAJIMA, Makoto HIROSE*,
Kazuyoshi UCHIDA*, Masato HAMAGUCHI*
and Satoru TAWARA*

The bottom longline with by-lines (*Tama-nawa* in Japanese), which is a hybrid of vertical longline and bottom longline, was employed to collect the original data analysed in the present report. The data obtained using this gear are a suitable material to examine the fine vertical distribution of groundfishes just above the sea bed, because several hundreds of baited hooks are distributed at very narrow vertical intervals within the layer of a few meters covering the sea bed, though, horizontally they are distributed at wider intervals. Because of the vertical and horizontal distribution of baited hooks, consideration on interspecific competition observed on the data obtained using this gear makes it possible to find some clues to understand the mechanism of bottom longline to catch groundfish.

This study was carried out analysing the records of the hooks on the 44 strings (3192 by-lines, each with 10 baited hooks) employed during the period from September to December 1979 along the outer edge of the continental shelf in the East China Sea. Concerning the fine vertical distribution of groundfish and the interspecific competition in baited hook occupation, the following facts were found out:

昭和56年12月25日受理 (Received December 25, 1981)
西海区水産研究所業績 第395号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 395)
* 水産大学校 (Shimonoseki University of Fisheries)

1. The hooked density of most of the species caught showed significantly positive quadratic regression on the order of hooks counted from the mainline side.

2. Comparison of the fine vertical distribution of fish on the by-lines exclusively occupied by one species to those occupied by any species, revealed that the presence of other species of the similar vertical distribution pattern did not modify the fine vertical distribution of the respective groundfish species.

3. Comparison of the observed number of by-lines catching a species (N_0) to the expected number under the supposition that all the hooked individuals of this species were distributed independently of one another (N_1) or to that under the supposition that hooked density showed difference in fine vertical distribution (N_2), revealed that $N_0 < N_1$ and $N_0 < N_2$, i.e. each of the species inclined to be hooked by the same by-lines.

4. Examination of the 2×2 contingency table showing the numbers of 1) by-lines catching both of the species A and B, 2) those catching only the species A, 3) those catching only the species B and 4) those not catching any of the species A and B, revealed that the respective species were distributed independently of one another.

5. The fine vertical distribution of catch suggested that the possibility of interspecific competition observed in baited hook occupation should be highest at the downmost hook. And in that place, even if there is only one species caught, it is probable that some of the hooks were competed by two species. The expected number of hooks of the above-mentioned conditions was estimated making use of the catch-hook order regression equation under the supposition that both of the species were distributed independently of one another. And it was found out that the number of the downmost hooks occupied by two species was negligible in most of the strings, only attaining the level of a few percent when one or both of the species hooked were very dense. This fact suggested that, according to baited hook occupation, the hooked density and its fine vertical distribution should be very rarely modified by the presence of competitors.

Basing on these findings it may be concluded that the by-line type bottom longline is one of the most effective gears to estimate the relative abundance of groundfishes. And also it may be concluded that this gear is very suitable to investigate the fine vertical distribution in the layer very close to sea bed of very rough topography, unable to be exploited by trawl or bottom longline.

玉縄は立縄を基本とし，数十本の立縄の各々にある長い浮子縄を延縄の幹縄に相当する丈夫な縄と置きかえた漁具である．枝縄として用いられる立縄の間隔は操業の便宜上30～50mとなる．幹縄を着底しないようにするため相隣る枝縄の中間に小さい耐圧浮球を付ける．玉縄という名称はこの浮球に由来する．枝縄は道糸部とテグス部よりなり，道糸は約10mの撚糸で，その下のテグス部は数10cmから1mの間隔で短い枝テグ

スによって釣針が付き，下端は重錘で終る．このような構造のため，玉縄は荒い海底でも操業できるという立縄の長所と，多数の枝縄を扱えるという底延縄の長所を兼備する．

玉縄は枝縄間隔が広いので海底に引かれた線沿いの漁獲密度に見られる魚種間関係を調べるのに直観的には適さないようにみえる．底延縄ではすべての釣針が狭い間隔で海底に並ぶので，すでに魚がかかっている釣針に後から魚がきても，近くの釣針にかかりやすく釣針占有における魚種間の競合はあまりない．しかし玉縄では相隣る枝縄の間隔は広く海底から数10cmごとに釣針があるので，すでに占有された釣針に後から来た魚はかからないかすぐ上または下の釣針にかかると考えられる．従って全枝縄における釣針の位置と漁獲の関係を，ある魚種だけがかかった枝縄におけるそれと比べることにより，釣針占有における魚種間競合の可能性を検討できる．更にこのことより玉縄の漁獲機構が推定できる．

幹縄に自記水深計を付けて一はえの縄の各部分が海底近くにあった時間を計り，その変化と釣獲率の関係を調べると，釣獲率は縄が海底近くにあった時間の長さと関係なくほぼ等しいので，魚が釣れるのはテグス部が海底付近に達した直前・直後か沈降・巻き揚げ中のように浸漬時間の長さと関係ない過程と考えられる[1,2]．そのため釣獲率は浸漬時間の長さの補正をする必要が無いので[3]，魚種間競合に対する補正が必要かどうかがわかれば，玉縄はトロール等で調査できないような地形の漁場における魚の密度を調べる漁法として用いられる．釣針の位置と漁獲の関係を調べれば海底に極く近い層内での底魚類の垂直分布がわかる．これはトロールや底延縄では調べられない．またこの関係に及ぼす他魚種の影響がわかれば，今回使用した玉縄の設計と操作法が適当であったか，それぞれの漁場で目的とする有用魚種を商品価値の低い他魚種と共存する中より有効に漁獲するためには，漁具構造（枝テグスの間隔と本数）をどのように変えればよいかの指針が得られる．これらの諸点は立縄でも考えられるが，立縄では1日で扱える釣針数が限られるので，統計的に扱うのに十分なデータを集める事が困難である．しかし立縄を玉縄に改良することにより十分なデータが得られるものと考えられる．

本報告は東シナ海大陸斜面で行われた44回の玉縄操業記録を用い，漁獲された各魚種の漁獲率と釣針の位置との関係を通じて釣針占有における種間競合を明らかにし，上記の諸問題に対する指針を見出すことを目的とする．

なお，この調査は，水産庁が昭和52年度から3カ年計画で，北転船を用船し，わが国周辺200海里水域内における大陸斜面等の漁業資源調査を実施したものの一部である．

材料および方法

1979年9月23日より12月9日まで，北緯25°41′・東経123°09′より北緯32°05′・東経128°45′にわたる東シナ海大陸斜面に沿った水深125mより865mの海域における第8有漁丸（総トン数349.33トン）5航海44回の操業によって得られた総計3192本の枝縄の各釣針による漁獲の記録を用いた．この操業に用いた玉縄の構造を図1に示す．一はえの枝縄数は第3次航海では約100本，他の航海では約50本である．それぞれの航海によって漁場は異なるので航海次を操業番号100位の数であらわす．操業時期・位置・水深は次のとおりである．

航海番号	時期	操業回数	操業海域	水深
1	1979年9月23日～24日	4	北緯25°40′～25°45′ 東経123°00′～124°00′	240～320m
2	10月1日～4日	7	25°50′～27°00′ 124°30′～124°45′	250～550
3	10月24日～11月3日	19	30°00′～32°00′ 127°40′～128°45′	215～865
4	11月20日～22日	5	25°40′～25°50′ 123°10′～124°10′	125～400
5	12月4日～9日	9	25°50′～27°00′ 124°30′～126°00′	190～320

漁　具　の　仕　様

幹　縄	ポリエチレン　クロス　9 m/m G.G. 5040 m
浮標縄	ポリ・クレモナ混　9 m/m，1200 m
浮　子	サイコラックA型（4A8）　120 m/m　99個
道　糸	クレモナ3×3打20番手135本　15足
幹　糸	ナイロン30号　65 cm×10本づけ×サガリ数
枝　糸	ナイロン20号　40 cm×10本づけ×サガリ数
釣　針	20号×10本付×サガリ数
スナップ	サガリ数の2倍
おもり	250匁（1.1㎏）×サガリ数　鉄沈
浮標浮子	サイコラック300 m/m　10気圧用　6コ
その他	釣箱、サルカン類、アンカー（10㎏×2） 浮標用旗、など

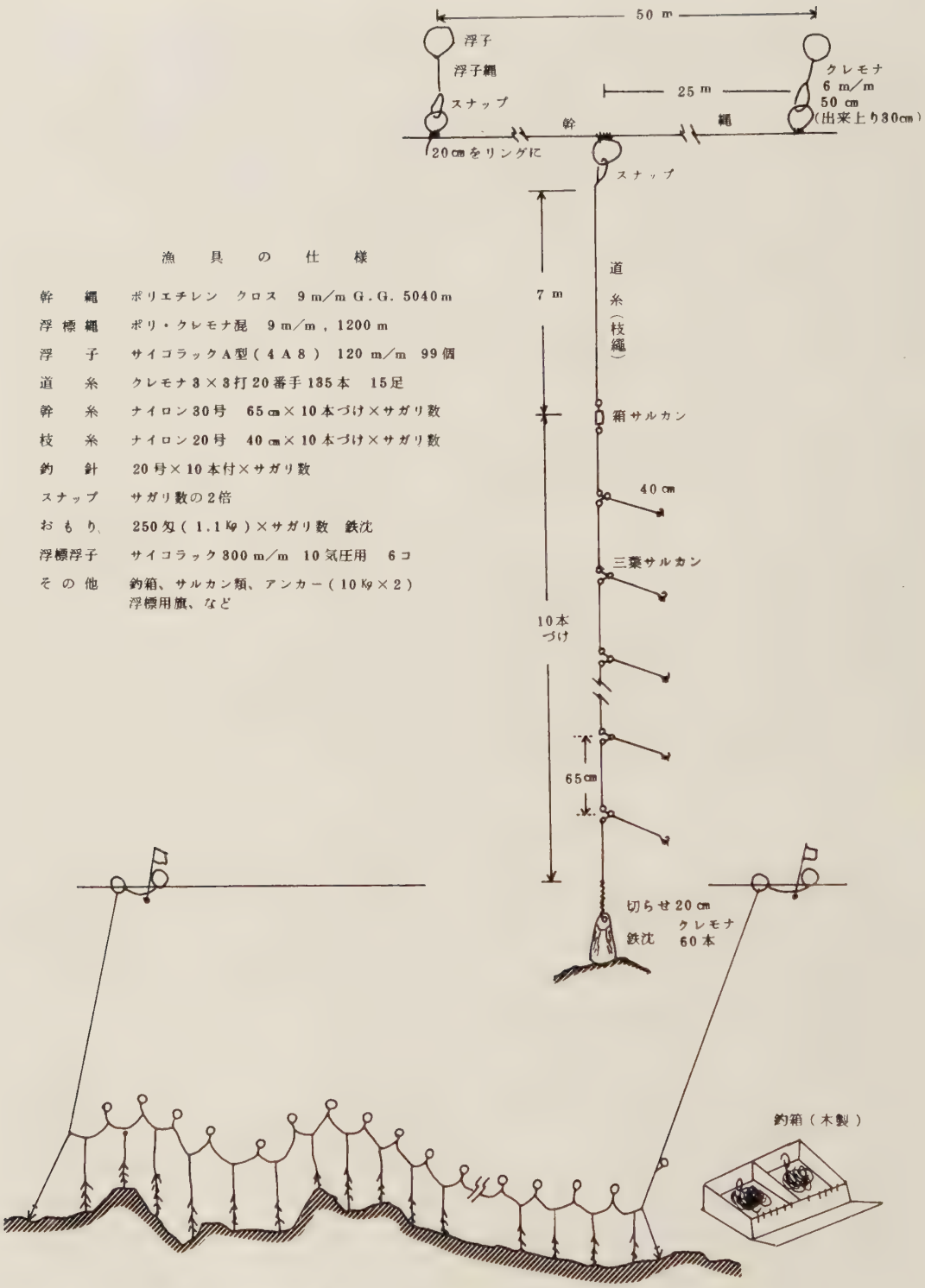


図1. 玉　縄　の　構　造（水産庁研究部ほか[1]より）

結　果

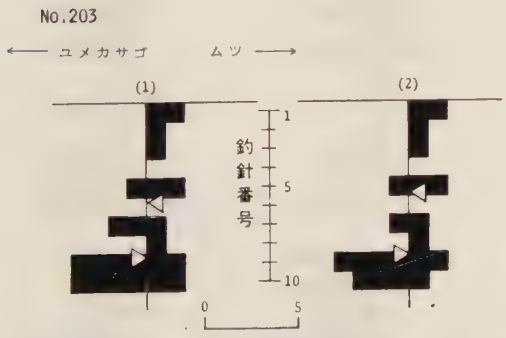
1本の枝縄には10本の釣針が付いており，上の方の釣針にかかる魚種と底近くの釣針にかかる魚種は，同じ枝縄にかかっても同じ釣針を競合する可能性は低い．同じような位置の釣針（例えば上の方や底に近い方）に多い魚種でも，それがすでに占有されていれば他の位置の釣針にかかることが考えられ，この場合は釣針占有における魚種間競合のための漁獲の減少は考えなくてよい．また釣針の位置による漁獲差の調査は漁具の調整に対する指針になる*．

テグス部が全部着底するか，底近くの魚の分布密度が底からの距離によって異ならないとすれば，漁獲は釣針の位置に関係なくほぼ一定になる．しかしテグス部の下端以外は着底せずしかも魚の密度が底からの距離によって異なると釣針の位置によって漁獲は異なるはずである．

1．釣針の位置による漁獲の違い

各操業で2種以上が10尾以上漁獲された魚種の幹縄に近い方より数えた釣針の番号（以下釣針番号または釣針の位置と言う）別の漁獲尾数の分布を図2に示す．それぞれの図の(1)は全漁獲尾数，(2)はその魚種だけが釣れた枝縄におけるそれぞれの魚種の漁獲分布を示す．また釣針番号に対する漁獲の1次および2次回帰式を表1に示す．

これらの図および表より次のことがわかる．



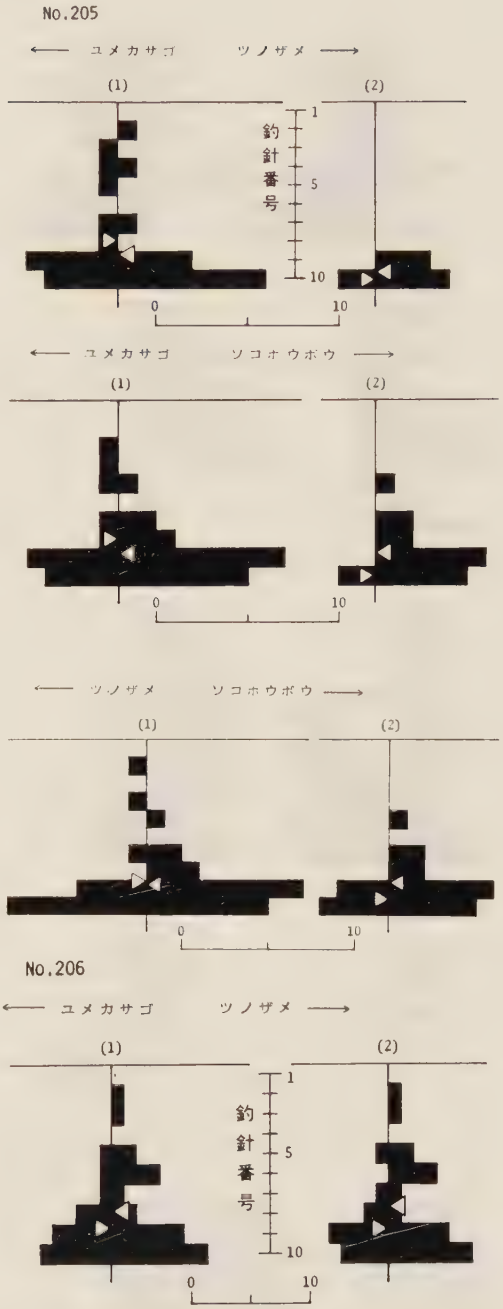
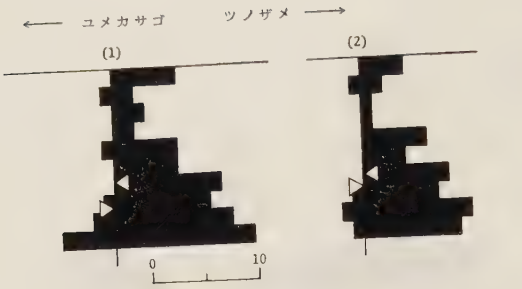
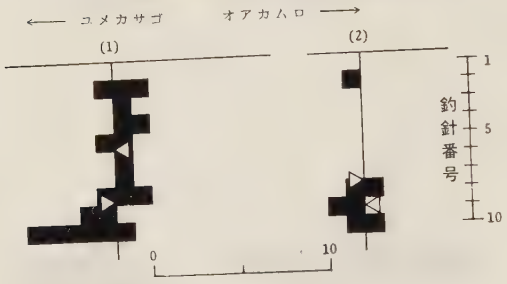


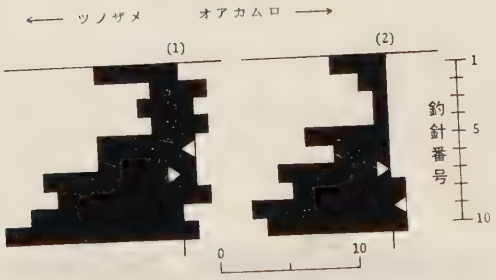
図 2．釣針の位置に伴う漁獲尾数の変化
各分図(1)は全枝縄による漁獲，(2)はそれぞれの魚種だけが釣れた枝縄による漁獲．

＊ テグス部下端の錘が着底しているかどうかは使用後の錘の光り方でわかるが，もし浮子が小さすぎるかあるいは幹縄がたるみすぎるとテグス部が全部着底する．この場合テグス部が海底にかかって切断し漁獲効率は低下する．したがって下端の錘以外は着底しないように漁具を仕立て，投縄時の幹縄の張り方を調整しなければならない．

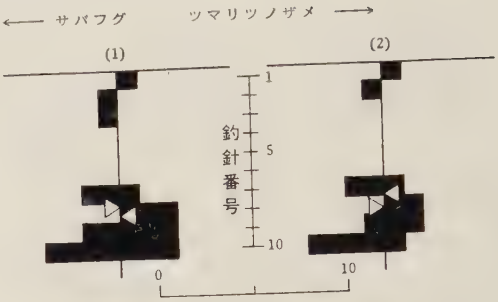
No.207

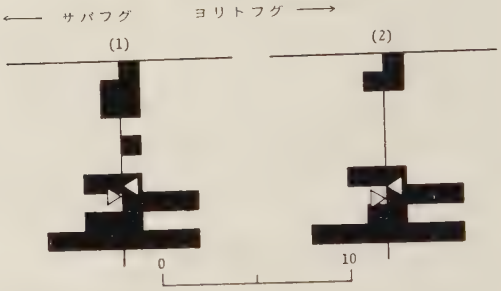


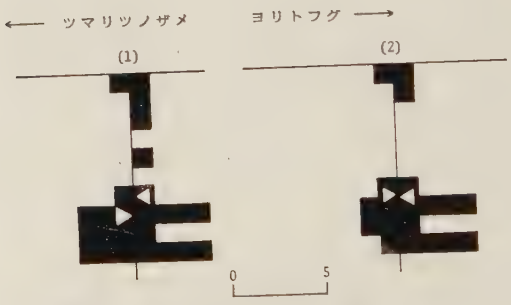




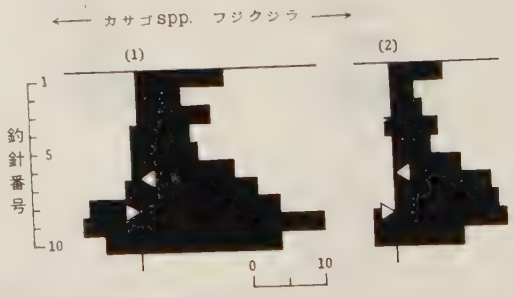
No.309







No.310

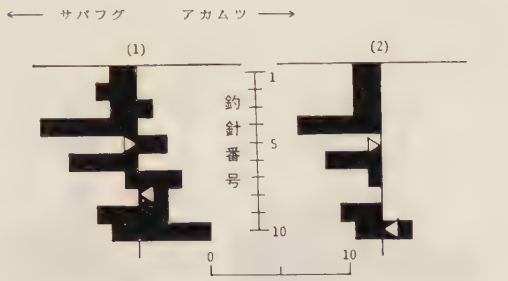


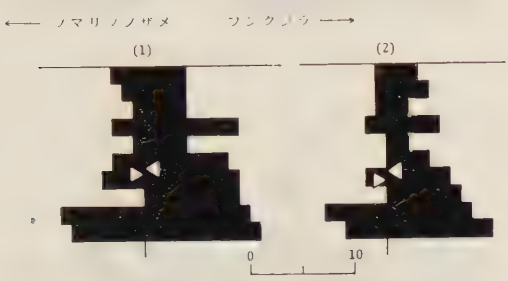
1) カサゴ spp. 10例のすべて，フジクジラ8例中6例，ツノザメ8例中6例，ハナフエダイ4例のすべて，サバフグ4例中2例の漁獲は釣針番号に対して2次（2次項は正）の回帰関係を示す。

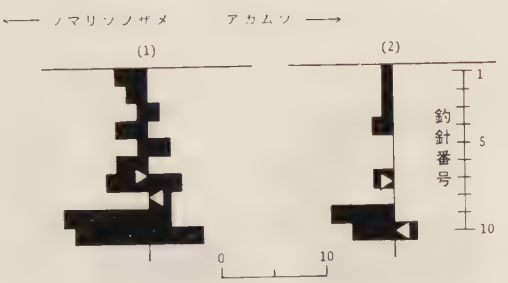
2) ハマダイ，ヒメダイ，ムツ，オアカムロ，ヨリトフグ，アラ，チカメキントキについて，漁獲尾数が少なく十分と言えないが，いずれの漁獲も釣針番号に対して有意な回帰関係を示さないので，底近くでは底からの距離にあまり密度が関係ない可能性がある。

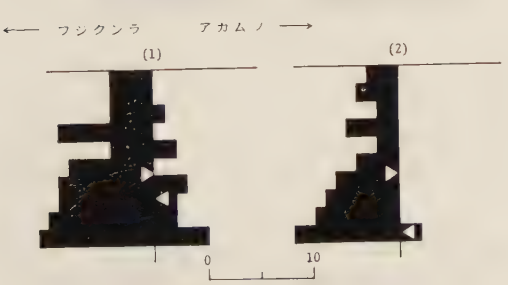
3) 漁獲が釣針番号に対し有意とみなせる回帰関係を示さない魚種もあるが，これと同じ一はえでとられた他魚種のうち少なくとも1種の漁獲は釣針番号に

No.311





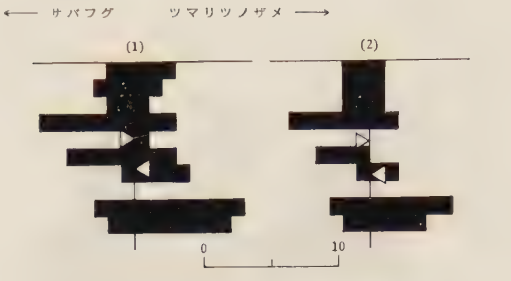


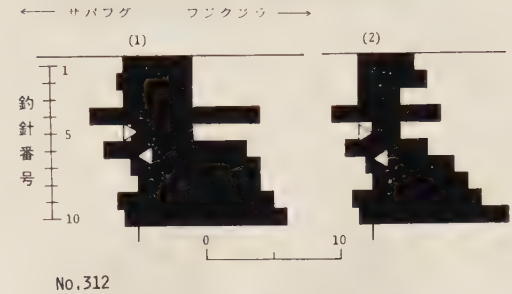


対し有意とみなせる回帰関係を示す．

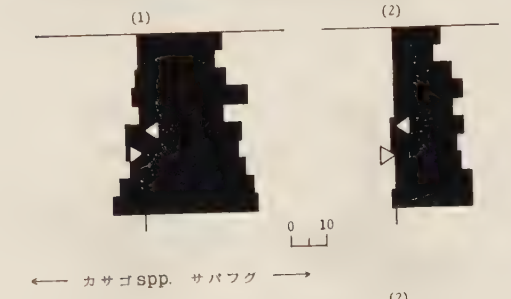
投縄中の風と海潮流の相対方位は操業ごとに大きく変化したので，船の対地速力は一定せず，また人力によって幹縄を繰り出したので幹縄のたるみ方を一定にすることは困難であったが，上記 1）と 3）の結果より各操業とも少なくとも枝縄の下端は着底し，上端は

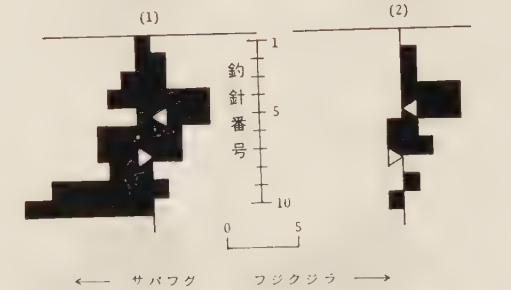
No.311

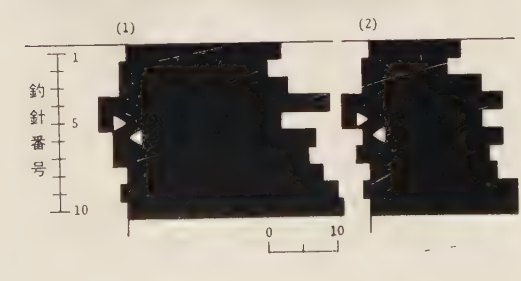


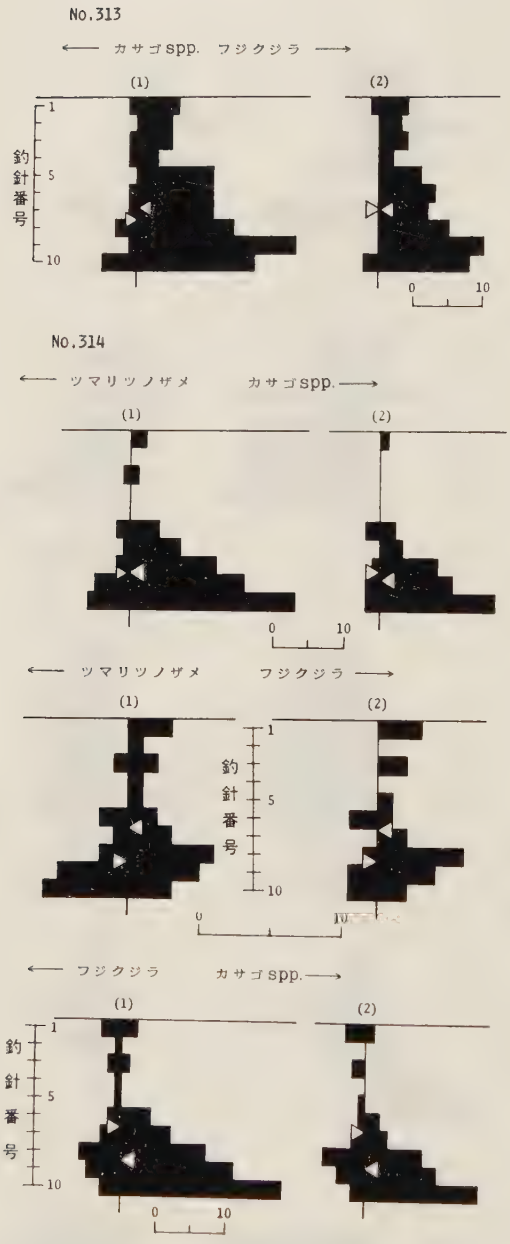


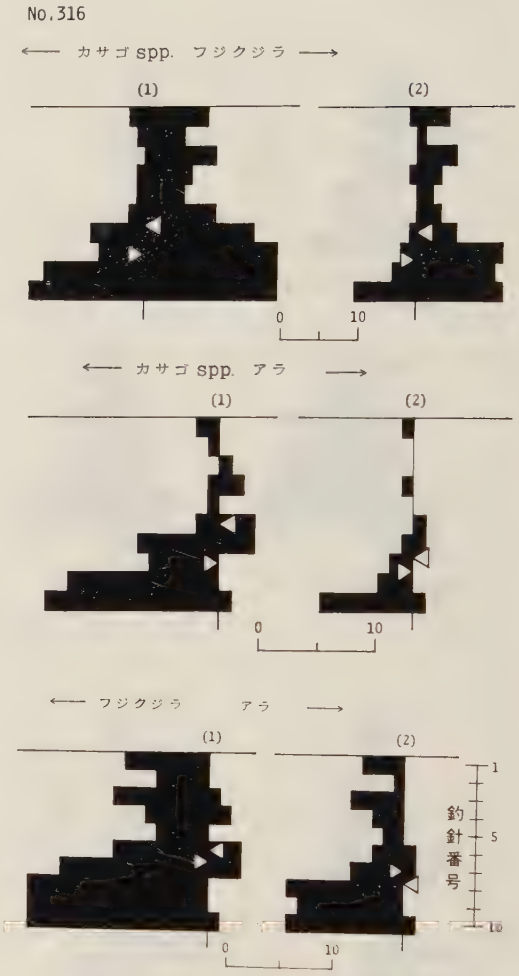
No.312









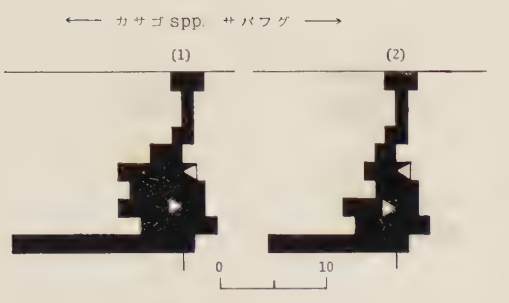


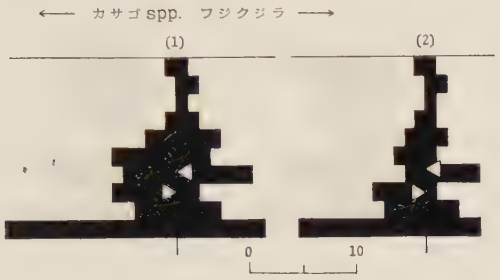
海底から離れていたと考えられる．従って今回の調査が行われた操業条件では，玉縄の構造（浮力と沈降力のバランス）と操業法は妥当であったと考えられる．

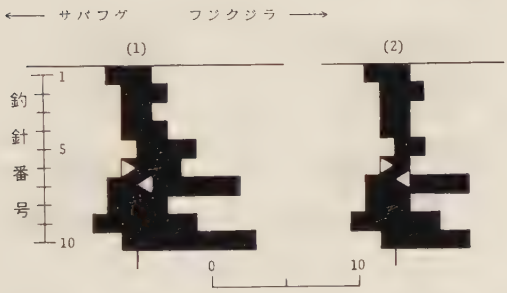
2．釣針の位置別漁獲尾数にみられる相関

玉縄の主要漁獲物には海底に近い釣針ほど多くかかる魚種が多いので，2種以上釣れた時は釣針占有における魚種間競合がおき，一方または両方の魚種の分布が変る可能性が考えられる．図2に示した各例の漁獲分布のはっきりした違いがこの可能性を示す．ここでは10尾以上漁獲された魚種が2種以上ある場合だけを取上げると延43の組合せがある．これらの組合せの各々についてそれぞれの魚種だけが漁獲された枝縄による釣針番号別漁獲を調べ，その相関係数を求め表2の各分表右下に，全枝縄によるそれを右上に示す．この表に示すように1魚種だけが釣れた枝縄による釣針番号別漁獲分布では延43組合せ中11組合せ，全枝縄による漁獲のそれでは13組合せにおける2種の漁獲分布の相関係数が0.01または0.05の水準で有意とみなせるの

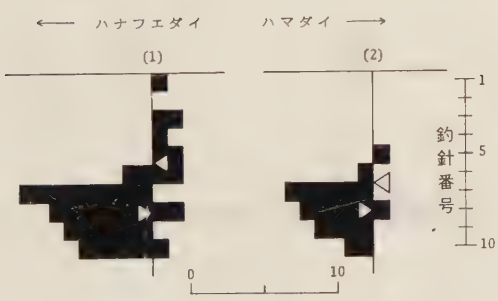
No.318



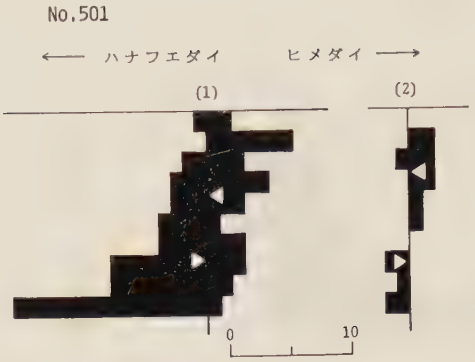


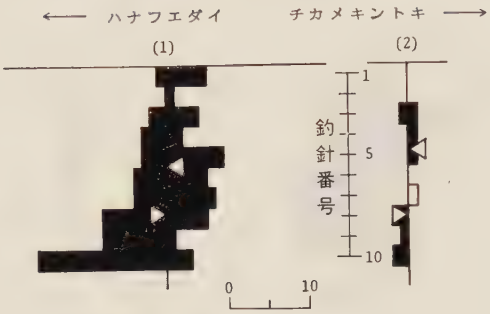


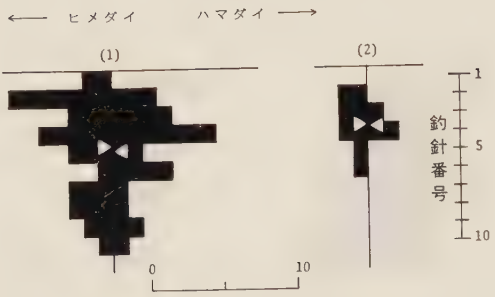
No.403

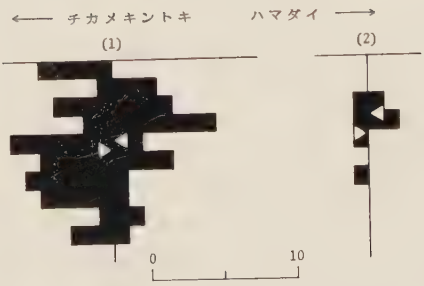


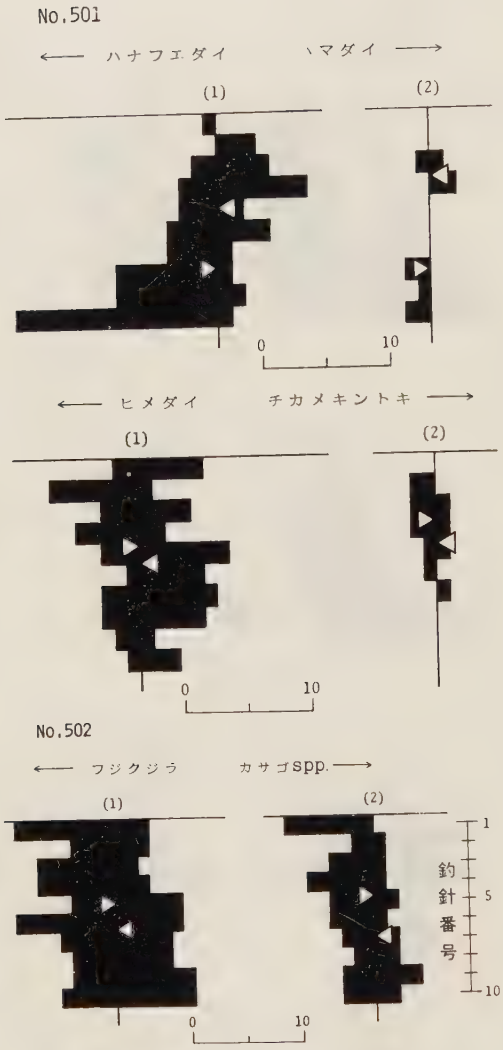
No.501

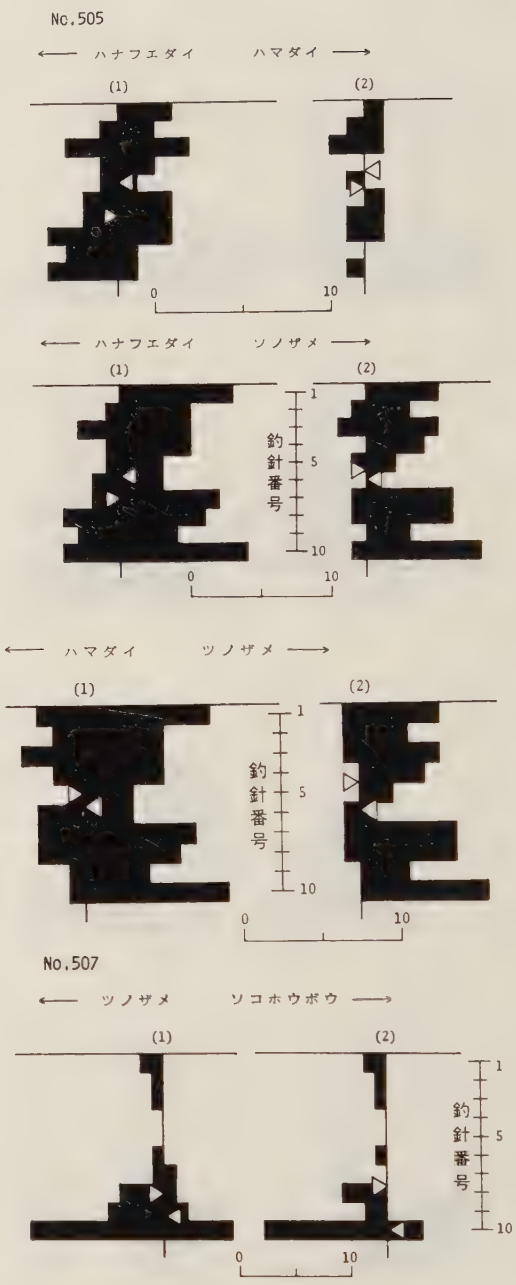












で，少なくともそれらの魚種間では釣針占有における競合の可能性が考えられる．

他種の存在がそれぞれの魚種の釣針番号別の漁獲分布に影響をおよぼすかどうかを調べるため，全枝縄におけるそれぞれの魚種の釣針番号別漁獲分布と，それぞれの魚種だけが漁獲された枝縄におけるそれとの相関係数を求めると，ほとんどの場合0.01の水準で有意とみなせる．0.05の水準で有意とみなせないのはユメカサゴ No. 207（全枝縄の漁獲10尾，その魚種だけが釣れた枝縄の漁獲5尾，漁獲の平均位置――幹縄より数えて8.3番目），ハマダイ No. 403（11尾，2尾，5.4番目），ハナフエダイ No. 505（21尾，7尾，6.9番目），オアカムロ No.207（11尾，2尾，5.4番目），チカメキントキ No. 501（39尾，4尾，5.5番目）で，いずれもその魚種だけしか釣れなかった枝縄の漁獲尾

表 1. 各魚種の漁獲尾数の幹縄側より数えた釣針番号に対する
2次・1次の回帰式 $y=a_{2\cdot0}+a_{2\cdot1}x+a_{2\cdot2}x^2$
または $y=a_{1\cdot0}+a_{1\cdot1}x$

	No.	尾数	$a_{2\cdot0}$	$a_{2\cdot1}$	$a_{2\cdot2}$	F_1	F_2	F_e	$a_{1\cdot0}$	$a_{1\cdot1}$	F_0
カサゴ spp.	203	11	0.6	−0.50	0.083	14.84**	3.77	9.30*	−1.2	0.42	11.02*
		9	0.6	0.45	0.072	10.91*	3.03	6.97*	−1.0	0.35	8.70*
ユメカサゴ			0.7	−0.55	0.088	—			−1.2	0.42	—
	205	14	0.9	−0.49	0.083	13.18**	3.26	8.22*	−0.9	0.42	10.28*
		2	0.6	−0.39	0.045	4.50	5.00	4.75*	−0.4	0.11	3.00
			4.2	−2.74	0.318	—			−2.8	0.76	—
	206	17	0.8	−0.68	0.121	147.32**	32.94**	90.13**	−1.9	0.65	29.51**
		13	0.6	−0.54	0.095	32.55**	7.38*	19.97**	−1.5	0.50	18.11**
			0.8	0.70	0.124	—	—		1.9	0.66	—
	207	10	1.7	−0.95	0.117	12.75**	9.77*	11.26**	−0.9	0.34	6.08*
		5	0.7	−0.33	0.042	4.16	2.86	3.51	−0.2	0.13	3.38
			1.4	−0.66	0.083	—	—		−0.4	0.25	—
	310	25	−0.3	0.07	0.083	20.20**	1.27	10.73**	−2.1	0.84	19.56**
		7	0.9	0.60	0.080	9.29*	5.06	7.18*	−0.8	0.27	6.16*
			3.4	−2.15	0.284		—		−2.9	0.97	—
	312	38	1.2	−0.10	0.083	40.00**	2.70	21.35**	−0.7	0.81	33.01**
		3	0.2	0.12	−0.004	2.27	0.03	1.15	−0.1	0.08	2.58
			−2.7	1.53	−0.048	—	—		−1.7	1.00	—
	313	15	1.6	−0.71	0.098	19.24**	8.74*	13.99**	−0.5	0.37	9.78*
		3	1.5	−0.70	0.068	1.23	12.27**	6.75*	−0.0	0.05	0.51
			7.5	−3.48	0.341	—	—	—	−0.0	0.27	—
	314	65	4.8	−3.19	0.500	666.73**	200.07**	433.40**	−6.2	2.31	25.76**
		40	3.5	−2.49	0.367	336.94**	120.94**	228.94**	−4.5	1.55	21.07**
			5.8	−4.05	0.597	—	—	—	−7.4	2.52	—
	316	48	3.8	−2.15	0.333	114.89**	35.59**	75.24**	−3.5	1.52	21.58**
		16	2.8	−1.60	0.197	26.25**	20.08**	23.17**	−1.5	0.57	7.75*
			8.4	−4.79	0.591	—	—	—	−4.6	1.71	—
	318	42	1.4	−0.82	0.189	17.14**	2.48	9.81**	−2.7	1.26	14.47**
		30	2.1	−1.22	0.197	26.11**	7.25*	16.68**	−2.2	0.95	14.66**
			3.0	−1.71	0.276	—	—		3.1	1.32	—
	502	47	1.9	0.47	0.004	18.69**	0.01	9.35**	1.9	0.52	21.34**
		16	−0.1	0.36	−0.008	11.34*	0.05	5.70*	0.1	0.28	12.86**
			−0.3	1.06	−0.022	—	—		0.2	0.82	—
フジクジラ	310	135	9.9	−1.10	0.250	18.90**	2.76	10.83**	4.4	1.65	15.49**
		85	2.7	1.03	0.004	9.55*	0.00	4.78*	2.6	1.07	10.92**
			4.3	1.64	0.006	—	—	—	4.1	1.70	—
	311	72	3.0	0.69	0.011	19.92**	0.02	9.97**	2.7	0.81	22.69**
		51	4.1	−0.77	0.136	35.64**	7.89*	21.76**	1.1	0.73	19.15**
			5.7	−1.08	0.193	—	—		1.5	1.04	—
	312	258	20.6	0.79	0.023	15.06**	0.05	7.55*	20.1	1.04	17.10**
		171	11.0	1.49	−0.053	18.02**	0.40	9.21*	12.1	0.90	19.48**
			16.5	2.24	−0.080	—	—		18.3	1.36	—
	313	106	4.5	0.09	0.170	25.78**	1.51	13.64**	0.8	1.78	24.23**
		72	3.5	0.42	0.155	46.12**	4.31	25.22**	0.1	1.28	32.62**
			5.2	−0.62	0.229	—	—		0.2	1.89	—
	314	27	2.2	−0.33	0.061	4.28	0.91	2.59	0.9	0.33	4.33
		21	1.9	−0.39	0.061	1.88	0.59	1.24	0.6	0.27	1.98
			2.5	−0.51	0.078	—		—	0.8	0.35	—
	316	107	7.3	−0.75	0.197	25.53**	3.18	14.36**	2.9	1.41	20.07**
		55	4.4	−1.18	0.197	20.49**	5.21	12.85**	0.1	0.99	13.42**
			8.6	−2.29	0.383	—	—	—	0.1	1.92	—
	318	34	0.9	0.25	0.030	8.15*	0.14	4.15	0.2	0.58	9.13*
		22	1.6	0.26	0.053	4.66	0.78	2.72	0.4	0.33	4.79
			2.4	0.40	0.082	—	—		0.6	0.51	—
	502	58	7.6	−0.36	0.004	1.95	0.00	0.98	7.5	0.32	2.23
		39	6.7	−0.80	0.042	3.42	0.32	1.87	5.8	0.35	3.74
			10.0	−1.20	0.062	—	—		8.6	0.51	—

	No.	尾数	$a_{2\cdot0}$	$a_{2\cdot1}$	$a_{2\cdot2}$	F_1	F_2	F_e	$a_{1\cdot0}$	$a_{1\cdot1}$	F_0
ツノザメ	205	15	2.7	−1.60	0.197	13.29**	10.39*	11.84**	−1.6	0.56	6.11*
		7	1.3	−0.90	0.114	20.06**	13.89**	16.97**	−1.2	0.35	7.68*
			2.8	−1.94	0.244	—	—	—	−2.6	0.74	—
	206	25	1.3	−0.62	0.121	19.03**	3.56	11.29**	−1.4	0.71	14.42**
		22	1.1	−0.46	0.095	11.54*	1.96	6.75*	−1.0	0.58	10.31*
			1.2	−0.52	0.108	—	—	—	−1.1	0.66	—
	207	68	4.5	−0.74	0.167	33.12**	4.95	19.03**	0.8	1.09	22.18**
		52	2.4	−0.22	0.102	19.97**	1.62	10.80**	0.2	0.91	18.54**
			3.2	−0.28	0.134	—	—	—	0.3	1.19	—
	309	11	1.2	−0.65	0.091	25.61**	11.35*	18.48**	−0.8	0.35	11.16*
		7	0.7	−0.29	0.042	5.20	2.16	3.68	−0.2	0.16	4.54
			1.1	−0.46	0.065	—	—	—	−0.3	0.26	—
	311	32	4.1	−1.28	0.159	4.64	3.36	4.00	0.6	0.47	3.58
		17	2.4	−0.95	0.117	4.06	3.00	3.53	−0.2	0.35	3.25
			4.5	−1.78	0.221	—	—	—	−0.4	0.65	—
	314	17	1.1	−0.73	0.121	44.78**	11.70*	28.24**	−1.6	0.60	19.16**
		7	−0.0	−0.06	0.027	10.34*	0.83	5.59*	−0.6	0.24	10.56*
			−0.0	−0.13	0.064	—	—	—	−1.5	0.57	—
	505	55	9.1	−1.96	0.186	0.20	7.15*	3.68	5.1	0.08	0.11
		43	6.1	−1.32	0.140	1.14	2.84	1.99	3.1	0.22	0.92
			7.9	−1.69	0.179	—	—	—	3.9	0.29	—
	507	27	5.1	−2.67	0.318	40.75**	38.30**	39.53**	−1.9	0.83	7.20*
		22	5.0	−2.49	0.284	9.48*	12.32**	10.90**	−1.3	0.63	3.92
			6.1	−3.06	0.349	—	—	—	−1.6	0.77	—
サバフグ	309	10	1.4	−0.69	0.087	6.70*	4.58	5.64*	−0.5	0.27	4.63
		8	1.2	−0.66	0.083	5.68*	3.90	4.79*	−0.6	0.25	4.17
			1.5	−0.83	0.104	—	—	—	−0.8	0.32	—
	311	26	2.2	0.44	−0.053	0.35	0.30	0.32	3.4	−0.15	0.38
		22	2.2	0.12	−0.019	0.14	0.05	0.10	2.7	−0.08	0.16
			2.7	0.15	−0.022	—	—	—	3.2	−0.10	—
	312	15	−1.3	1.55	−0.148	0.42	9.53*	4.98*	1.9	−0.08	0.20
		14	−1.1	1.37	−0.133	0.39	6.17*	3.28	1.9	−0.08	0.24
			−1.1	1.47	−0.142	—	—	—	2.0	−0.09	—
	318	14	1.8	−0.33	0.038	0.82	1.05	0.94	0.9	0.08	0.82
		14	1.8	−0.33	0.038	0.82	1.05	0.94	0.9	0.08	0.82
			1.8	−0.33	0.038	—	—	—	0.9	0.08	—
ハナフエダイ	403	29	−2.1	0.92	0.000	11.57*	0.00	5.78*	−2.1	0.92	13.22**
		18	−1.8	0.84	−0.027	6.96*	0.11	3.53	−1.2	0.55	7.84*
			−2.9	1.35	−0.043	—	—	—	−1.9	0.88	—
	501	49	2.3	−1.09	0.223	56.17**	9.65*	32.91**	−2.6	1.36	26.98**
		6	0.5	−0.28	0.042	6.93*	2.33	4.63	−0.4	0.18	5.94*
			4.2	−2.26	0.340	—	—	—	−3.3	1.48	—
	505	21	0.5	0.19	0.015	11.85*	0.14	5.99*	0.1	0.36	13.29**
		7	0.6	0.08	−0.008	0.01	0.05	0.03	0.7	−0.01	0.01
			1.7	0.23	−0.023	—	—	—	2.2	−0.02	—
ハマダイ	403	11	0.3	0.44	−0.042	0.03	1.08	0.55	1.2	−0.02	0.03
		2	−0.4	0.23	−0.019	0.25	0.97	0.61	0.1	0.02	0.25
			−1.9	1.28	−0.104	—	—	—	0.4	0.13	—
	501	25	0.4	1.37	−0.140	0.70	2.84	1.77	3.5	−0.18	0.57
		3	0.1	0.23	−0.027	0.76	0.77	0.77	0.7	−0.07	0.79
			0.7	1.88	−0.221	—	—	—	5.6	−0.56	—
	505	23	2.5	0.18	−0.030	1.72	0.44	1.08	3.1	−0.15	1.85
		6	0.9	−0.03	−0.004	1.56	0.03	0.79	1.0	−0.07	1.78
			3.5	−0.12	−0.015	—	—	—	3.8	−0.28	—

魚種	No.	尾数	a_{2*0}	a_{2*1}	a_{2*2}	F_1	F_2	F_e	a_{1*0}	a_{1*1}	F_0
ヒメダイ	501	30	3.9	0.10	−0.038	2.73	0.25	1.49	4.7	−0.32	3.01
		8	0.8	0.32	−0.045	5.05	2.02	3.53	1.8	−0.18	4.48
			3.0	1.19	−0.170	—	—	—	6.7	−0.68	—
ソコホウボウ	205	22	1.2	−1.07	0.178	31.68**	8.21*	19.95**	−2.7	0.88	16.67**
		16	0.7	−0.63	0.114	36.45**	7.88*	22.17**	−1.8	0.62	19.59**
			1.0	−0.87	0.156	—	—	—	−2.5	0.85	—
ソコホウボウ	507	10	1.5	−1.04	0.136	26.19**	14.69**	20.44**	−1.5	0.46	9.66*
		3	0.9	−0.59	0.068	4.50	5.00	4.75*	−0.6	0.16	3.00
			3.0	−1.95	0.227	—	—	—	−2.0	0.55	—
ムツ	203	12	2.3	−0.66	0.064	0.42	4.76	2.59	0.9	0.05	0.29
		11	2.0	−0.46	0.042	0.01	1.61	0.81	1.1	−0.01	0.00
			2.2	−0.51	0.045	—	—	—	1.2	−0.01	—
オアカムロ	207	11	0.4	0.40	−0.038	0.05	1.29	0.67	1.2	−0.02	0.04
		2	0.1	−0.12	0.019	5.09	1.62	3.36	−0.3	0.08	4.72
			0.8	−0.68	0.104	—	—	—	−1.5	0.47	—
ヨリトフグ	309	14	1.8	−0.65	0.083	4.63	2.89	3.76	−0.1	0.27	3.74
		12	1.8	−0.82	0.102	6.24	4.55	5.39*	−0.5	0.30	4.32
			2.1	−0.96	0.119	—	—	—	−0.5	0.35	—
アカムツ	311	15	0.3	−0.15	0.053	13.82**	1.34	7.58*	−0.9	0.43	13.25**
		2	0.6	−0.39	0.045	4.50	5.00	4.75*	−0.4	0.11	3.00
			4.5	−2.93	0.341	—	—	—	−3.0	0.82	—
アラ	316	10	−1.2	0.98	−0.083	0.21	2.56	1.39	0.7	0.06	0.18
		3	−0.2	0.12	−0.004	2.27	0.03	1.15	−0.1	0.08	2.58
			−0.7	0.40	−0.013	—	—	—	−0.4	0.26	—
チカメキントキ	501	39	1.6	1.19	−0.110	0.01	1.37	0.69	4.0	−0.02	0.01
		4	−0.3	0.42	−0.042	0.56	4.67	2.61	0.6	−0.04	0.38
			−3.1	4.11	−0.406	—	—	—	5.8	−0.35	—

各魚種について上段の式は全枝縄における漁獲（計M尾）より，中段の式はその魚種だけが釣れた枝縄における漁獲（計M'尾）より求める．下段の式は中段の式の各係数に M/M' をかける．

だだし　x ……幹縄側より数えた釣針番号
y ……x 番目の釣針による漁獲尾数
F_1…… a_{2*1} に対する F の値
F_2……a_{2*2} に対する F の値
F_e……2次式に対する F の値
F_0……a_{1*1} に対する F の値
**……0.01の水準で有意
* ……0.05の水準で有意

数が十分でなく，しかも分布の中心が中央（幹縄より数えて5.5番）付近にある魚種か，ツノザメの漁獲が多い（No. 207では68尾，No. 505では55尾）場合に限られる．しかしこの結果から直ちに他種の存在が該当魚種の漁獲の釣針番号別分布に影響をおよぼさないと結論するには次の疑問が残る：釣針番号別の分布では釣針の位置に伴う漁獲の変化が重要であるにもかかわらず，相関係数の検定では同じ位置の漁獲の比較はできても位置の関係が無視される．

3．釣針の位置による漁獲変化

そこで次の比較を行った：それぞれの魚種について，全枝縄による釣針番号別漁獲の釣針位置に対する1次・2次の回帰式を求める（表1各操業番号の上段の式，以下式1と言う）．次に該当魚種だけが釣れた枝縄におけるそれを求め（中段の式，以下式2と言う），その係数に（全枝縄による漁獲尾数／該当魚種だけが釣れた枝縄による漁獲尾数）をかけて，全枝縄による漁獲分布を推定する式を求める（下段の式，以下式3と言う）．図3に示すように各魚種について式1と式3で求めた値は極めて近い．

以上より次のように結論される：ツノザメが多量漁獲された場合を除き，全枝縄による漁獲の釣針番号別分布は該当魚種だけが釣れた枝縄によるそれと同じとみなせる．すなわち他魚種が存在しても当該魚種の釣針番号別分布は変らない――すぐ上または下の釣針に移動して釣れる可能性は少ない――と考えられる．

4．各魚種が釣れる枝縄数

底質・地形によって底魚の魚種組成が異なるためそ

表 2. 釣針の位置別漁獲尼数にみられる魚種間の相関係数
その魚種のみが釣れた枝縄による漁獲＼全枝縄による漁獲

No. 203

	ユメカサゴ	ムツ
ユメカサゴ		0.576
ムツ	0.426	

No. 205

	ユメカサゴ	ツノザメ	ソコホウボウ
ユメカサゴ		0.826**	0.959**
ツノザメ	0.776**		0.802**
ソコホウボウ	0.538	0.897**	

No. 206

	ユメカサゴ	ツノザメ
ユメカサゴ		0.909**
ツノザメ	0.761*	

No. 207

	ユメカサゴ	ツノザメ	オアカムロ
ユメカサゴ		0.664*	−0.096
ツノザメ	0.573		−0.422
オアカムロ	0.373	0.448	

No. 309

	サバフグ	ツノザメ	ヨリトフグ
サバフグ		0.547	0.466
ツノザメ	0.246		0.771**
ヨリトフグ	0.567	0.662*	

No. 310

	カサゴ spp.	フジクジラ
カサゴ spp.		0.895**
フジクジラ	0.348	

No. 311

	サバフグ	ツノザメ	フジクジラ	アカムツ
サバフグ		0.205	0.166	−0.522
ツノザメ	0.271		0.628	0.471
フジクジラ	0.042	0.697*		0.565
アカムツ	−0.039	0.415	0.651*	

No. 312

	カサゴ spp.	サバフグ	フジクジラ
カサゴ spp.		−0.295	0.876**
サバフグ	−0.183		−0.077
フジクジラ	0.404	0.036	

No. 313

	カサゴ spp.	フジクジラ
カサゴ spp.		0.592
フジクジラ	0.982**	

No. 314

	カサゴ spp.	ツノザメ	フジクジラ
カサゴ spp.		0.947**	0.673*
ツノザメ	0.764*		0.546
フジクジラ	0.511	0.335	

No. 316

	カサゴ spp.	フジクジラ	アラ
カサゴ spp.		0.765**	−0.066
フジクジラ	0.945**		0.000
アラ	0.393	0.152	

No. 318

	カサゴ spp.	サバフグ	フジクジラ
カサゴ spp.		0.006	0.786**
サバフグ	0.074		0.022
フジクジラ	0.578	0.179	

No. 403

	ハナフエダイ	ハマダイ
ハナフエダイ		−0.322
ハマダイ	0.157	

No. 501

	ハナフエダイ	ヒメダイ	チカメキントキ	ハマダイ
ハナフエダイ		−0.557	−0.126	−0.314
ヒメダイ	−0.401		−0.410	0.412
チカメキントキ	−0.357	0.421		−0.375
ハマダイ	−0.156	0.645*	0.574	

No. 502

	フジクジラ	カサゴ spp.
フジクジラ		−0.375
カサゴ spp.	−0.580	

No. 505

	ハナフエダイ	ハマダイ	ツノザメ
ハナフエダイ		−0.023	0.181
ハマダイ	0.255		0.078
ツノザメ	0.382	0.020	

No. 507

	ツノザメ	ソコホウボウ
ツノザメ		0.968**
ソコホウボウ	0.929**	

** 0.01の水準で有意
* 0.05の水準で有意

れぞれの魚種が異なる枝縄にかかる傾向があれば，垂直的には同じ位置にかかる魚種間でも釣針占有における競合はおこりにくく，上述のように主要漁獲物には底近くの釣針にかかる傾向を示す魚種が多くても，釣針番号別漁獲分布は他魚種の影響をうけないと考えられる．また釣獲率が低ければ競合がおこりにくく同様

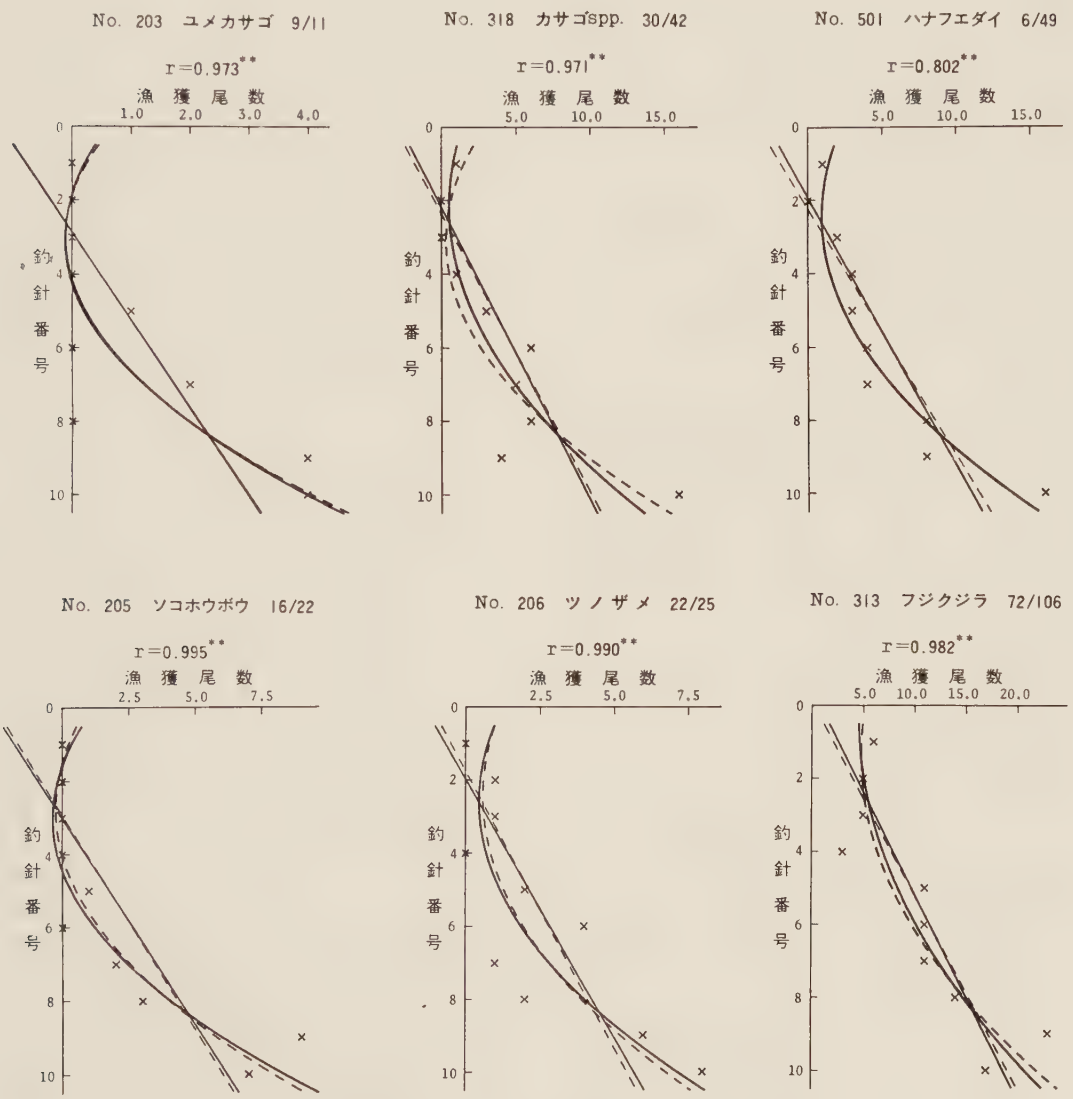


図 3. 底魚類の微細垂直分布におよぼす他魚種の影響
×は全枝縄による漁獲尾数，実線は表1の上段の式，破線は下段の式より求めた値を示す．

表 3. 各魚種が釣れた枝縄の数に関する検討

魚種名	No.	全枝縄数	漁獲尾数	該当魚種が釣れた枝縄		機会的分布			釣針位置による漁獲差を考えた分布			自由度	
				N_0	P_0	N_1	P_1	F_1	N_2	P_2	F_2	n_1	n_2
カサゴ spp. ユメカサゴ	203	50	11	8	0.160	9.97	0.199	1.163	10.19	0.204	1.194	18	84
	205	50	14	9	0.180	12.36	0.247	1.347	12.58	0.252	1.378	20	82
	206	52	17	14	0.269	14.71	0.283	0.999	15.04	0.289	1.031	30	76
	207	51	10	9	0.176	9.16	0.180	0.920	9.35	0.183	0.943	20	84
	310	102	25	24	0.235	22.42	0.220	1.079	22.75	0.223	1.058	158	48
	312	102	38	29	0.284	32.22	0.316	1.124	32.47	0.318	1.136	60	146
	313	105	15	15	0.143	14.07	0.134	1.065	14.16	0.135	1.057	182	30
	314	103	65	43	0.417	49.33	0.479	1.253	51.07	0.496	1.341	88	120
	316	101	48	40	0.396	38.93	0.385	1.029	39.83	0.394	0.991	124	80
	318	102	42	25	0.245	35.01	0.343	1.548*	35.76	0.351	1.599*	52	154
	502	51	47	18	0.353	31.61	0.620	2.830**	31.74	0.622	2.863**	38	66
フジクジラ	310	102	135	67	0.657	77.34	0.758	1.614*	77.89	0.764	1.662**	136	70
	311	103	72	27	0.262	53.10	0.516	2.888**	53.30	0.517	2.911**	56	152
	312	102	258	82	0.804	96.48	0.946	4.209**	96.54	0.946	4.260**	166	40
	313	105	106	44	0.419	68.77	0.655	2.574**	69.50	0.662	2.654**	90	122
	314	103	27	12	0.117	24.03	0.233	2.130**	24.13	0.234	2.142**	26	182
	316	101	107	61	0.604	68.04	0.674	1.332	68.51	0.678	1.360	124	80
	318	102	34	22	0.216	29.33	0.288	1.404	29.53	0.289	1.417	46	160
	502	51	58	31	0.608	35.75	0.701	1.465	35.89	0.704	1.485	64	40
ツノザメ	205	50	15	12	0.240	13.13	0.263	1.041	13.63	0.273	1.096	26	76
	206	52	25	13	0.250	20.23	0.389	1.774*	20.66	0.397	1.837*	28	78
	207	51	68	32	0.627	38.81	0.761	1.833*	39.22	0.769	1.918*	66	38
	309	100	11	10	0.100	10.47	0.105	0.957	10.55	0.105	0.965	22	180
	311	103	32	20	0.194	27.88	0.271	1.467*	28.10	0.273	1.483*	42	166
	314	103	17	15	0.146	15.79	0.153	0.996	15.97	0.155	1.009	32	176
	505	51	55	25	0.490	34.71	0.681	2.130**	34.85	0.683	2.158**	52	52
	507	51	27	23	0.451	21.40	0.420	1.097	22.23	0.436	1.027	58	46
サバフグ	309	100	10	8	0.080	9.56	0.096	1.081	9.64	0.096	1.090	18	184
	311	103	26	21	0.204	23.24	0.226	1.086	23.39	0.227	1.095	44	164
	312	102	15	8	0.078	14.05	0.138	1.668*	14.14	0.139	1.680*	18	188
	318	102	14	5	0.049	13.17	0.129	2.396**	13.19	0.129	2.402**	12	194
ハナフエダイ	403	52	29	16	0.308	22.71	0.437	1.641*	23.39	0.450	1.731*	34	72
	501	51	49	29	0.569	32.43	0.636	1.280	33.37	0.654	1.388	60	44
	505	51	21	11	0.216	17.51	0.343	1.742*	17.63	0.346	1.760*	24	80
ハマダイ	403	52	11	8	0.154	10.01	0.192	1.165	10.07	0.194	1.173	18	88
	501	51	25	17	0.333	20.15	0.395	1.234	20.41	0.400	1.260	36	68
	505	51	23	10	0.196	18.85	0.370	2.186**	18.92	0.371	2.198**	22	82
ヒメダイ	501	51	30	17	0.333	23.18	0.455	1.574	23.37	0.458	1.598*	36	68
ソコホウボウ	205	50	22	13	0.260	18.12	0.362	1.502	18.82	0.376	1.595	28	74
	507	51	10	8	0.157	9.16	0.180	1.046	9.44	0.185	1.086	18	86
ムツ	203	50	12	5	0.100	10.78	0.216	2.062*	10.83	0.217	2.074*	12	90
オアカムロ	207	51	11	4	0.078	9.99	0.196	2.290*	10.03	0.197	2.302*	10	94

魚種名	No.	全枝縄数	漁獲尾数	該当魚種が釣れた枝縄		機会的分布			釣針位置による漁獲差を考えた分布			自由度	
				N_0	P_0	N_1	P_1	F_1	N_2	P_2	F_2	n_1	n_2
ヨリトフグ	309	100	14	11	0.110	13.15	0.132	1.123	13.23	0.132	1.131	24	178
アカムツ	311	103	15	9	0.087	14.05	0.136	1.485	14.16	0.137	1.498	20	188
アラ	316	101	10	7	0.069	9.57	0.095	1.229	9.63	0.095	1.238	16	188
チカメキントキ	501	51	39	24	0.471	27.98	0.549	1.313	28.18	0.553	1.334	50	54

な結果になる．これらの点を確めるには，1)同じ魚種は同じ枝縄にかかりやすいか，2)同一枝縄に異なる魚種が釣れる枝縄がどれくらいあるかを検討しなければならない．これらのうち1)について記す．

この問題は漁獲が多い場合には各枝縄で釣獲された尾数の頻度分布型が二項分布にあてはまるか，あるいは二項分布とみなした時より魚がかたまって釣れるかどうかを調べれば良い．しかし玉縄の場合，漁獲が少なく頻度5以上になる項が0尾および1尾の2項しかないので χ^2 検定を行えない．そこで次の方法によった．

10本ずつの釣針が付いた枝縄 N 本で構成される一はえの玉縄で，ある魚種が M 尾漁獲されたとする．1本の釣針に魚が釣れている確率 p は $M/10N$ となる．$q=1-p$ とすれば10本の釣針のすべてに魚が釣れていない確率は q^{10} となり，1尾でも釣れている確率 P_1 は $1-q^{10}$，出現期待数 N_1 は NP_1 となる．実測した確率 P_0 が P_1 と等しいかどうかを検討した F_1 の値を表3に示した（$P_1>P_0$ の時は P_0 が P_1 より大きくなる確率を，また $P_1<P_0$ の時は小さくなる確率を扱った）[4,5]．F_1 の値から次のことがわかる：カサゴ spp. では11例中2例，それ以外の魚種ではほぼ半数の例で $P_0<P_1$ であるとみなせるが，$P_0>P_1$ とみなせる例はなかった．

ここで用いた玉縄では65cm間隔で10本の釣針が付き（枝縄が垂直であるとすれば底からの距離は65cmずつになるが，斜になるとすればそれより狭い間隔になる），前に記したようにほとんどの魚種では釣針の位置によって漁獲尾数が異なる．上述の P_1 ではこのような釣針の位置による釣獲率の差を考えていないので P_1 は小さく見積られている．釣針による釣獲率の差の影響に対する P_1 の補正は次のようにして行われる：幹縄に近い方より数えて i 番目の釣針に Mi 尾釣れたとすると，i 番目の釣針に魚が釣れていない確率 q_i は $1-M_i/N$，10本の釣針のすべてに釣れていない確率は $\prod_{i=1}^{10} q_i$ となり，1尾でも魚が釣れている枝縄の出現期待確率 P_2 は $1-\prod_{i=1}^{10} q_i$ となる．表3に示すように P_2 は P_1 よりわずかばかり大きいが，P_0 と P_2 の比較結果は P_0 と P_1 の比較結果と変らない．以上より同じ魚種は同じ枝縄にかかる傾向が認められる．

同じ魚種が近い枝縄に連続して釣れるかどうかが問題になる．この問題は一般にオートコレログラムを求めて検討されるが，玉縄の場合は次の理由によりこの方法を用いられない：1)オートコレログラムは i 番目の枝縄にかかった尾数と（$i+k$）番目にかかった尾数の積を $i=1$ から（$N-k$）までについて合計した値を用いる．しかしこれはその魚種がかかった枝縄数を N_0 とすれば，大部分0または1で少数の2以上の数より成立った数列より求めた値である．2)投(揚)縄開始地点と終了地点の距離より求めると相隣る枝縄の間隔は40m以上であり，これが相隣るとみなせるか更に底魚の分布でその数倍の距離に意味があるか疑問である．

5．2種以上の魚種が釣れた枝縄数

玉縄は立縄に比べると多数の釣針を使用するが，それでも釣針の数は限られるので，商品価値が高い魚種の釣獲率を増すことが大切である．従って同時に獲られる他魚種の存在が対象魚種の漁獲にどう影響するかが問題となる．また地点による釣獲率の差を考える場合にもこの点を明らかにしておかなければならない．

異なる魚種が同じ枝縄にかからない傾向があるかどうかを次の方法によって調べる：対象とする魚種1，魚種2が1尾でも釣れた枝縄の数をそれぞれ M_1 および M_2 とする(これらの値は表3に示す)．これら2魚種の関係を考える場合でも，その他の魚種の分布の影

表 4. 同じ枝縄に異なる魚種が釣れる確率に関する検討(1)

魚種名(1)	魚種名(2)	No.	P_1	P_2	P_3	N_{123}	N_{120}	N_{103}	N_{023}	N_{100}	N_{020}	N_{003}	N_{000}	χ_0^2	Pr.
カサゴ spp.	フジクジラ	310	0.24	0.66	0.15	1 2.32	14 13.45	2 1.21	10 7.53	7 7.02	42 43.70	2 3.94	24 22.83	3.172	0.100—0.050
		312	0.28	0.80	0.16	2 3.66	24 19.66	1 0.89	5 9.21	2 4.79	51 49.48	8 2.25	9 12.07	20.850	0.005>
		313	0.14	0.42	0.06	1 0.36	11 5.93	0 0.50	1 2.16	3 8.22	31 35.56	4 2.99	54 49.30	11.291	0.005>
		314	0.42	0.12	0.31	1 1.56	0 3.45	16 11.80	2 2.17	26 26.19	9 4.89	13 16.47	36 36.54	9.527	0.005>
		316	0.40	0.60	0.17	5 4.07	16 20.09	7 2.67	4 6.20	12 13.18	36 30.64	1 4.07	20 20.09	12.227	0.005>
		318	0.25	0.22	0.15	0 0.79	7 4.60	1 2.88	2 2.44	17 16.72	13 14.17	12 8.88	50 51.51	4.597	0.050—0.025
		502	0.35	0.61	0.29	3 3.22	6 7.72	4 2.08	3 5.90	5 4.98	19 14.16	5 3.81	6 9.13	6.713	0.010—0.005
	ツノザメ	205	0.18	0.24	0.44	0 0.95	3 1.21	4 3.01	3 4.33	2 3.83	6 5.51	15 13.71	17 17.45	5.386	0.025—0.010
		206	0.27	0.25	0.10	1 0.34	2 3.16	1 1.01	0 0.91	10 9.49	10 8.59	3 2.74	25 25.76	2.956	0.100—0.050
		207	0.18	0.63	0.20	0 1.11	4 4.54	1 0.66	6 5.17	4 2.70	22 21.19	3 3.07	11 12.58	2.346	0.250—0.100
		314	0.42	0.15	0.28	0 1.76	6 4.50	11 10.34	3 2.46	26 26.39	6 6.28	15 14.43	36 36.83	2.483	0.250—0.100
	サバフグ	312	0.28	0.08	0.82	0 1.87	0 0.40	27 22.01	1 4.72	2 4.72	7 1.01	56 55.40	9 11.87	44.106	0.005>
		318	0.25	0.05	0.24	0 0.36	0 0.87	8 6.99	0 1.11	17 16.78	5 2.66	22 21.54	50 51.69	4.596	0.050—0.025
	ムツ	203	0.16	0.10	0.06	1 0.05	0 0.75	1 0.43	0 0.25	6 6.77	4 3.95	1 2.27	37 35.53	21.490	0.005>
	ソコホウボウ	205	0.18	0.26	0.46	0 1.08	0 1.26	7 3.06	5 4.90	2 3.60	8 5.76	11 13.96	17 16.38	9.632	0.005
	オアカムロ	207	0.18	0.08	0.69	0 0.48	0 0.22	5 5.69	3 2.26	4 2.60	1 1.03	27 26.56	11 12.14	1.899	0.250—0.100
	アラ	316	0.40	0.07	0.65	3 1.81	2 0.96	23 24.33	1 2.76	12 12.90	1 1.47	39 37.10	20 19.67	3.414	0.100—0.050
フジクジラ	ツノザメ	311	0.26	0.19	0.34	1 1.78	2 3.46	6 7.39	7 5.01	18 14.36	10 9.74	21 20.81	38 40.43	3.084	0.100—0.050
		314	0.12	0.15	0.50	0 0.87	1 0.88	2 5.08	8 6.56	9 5.18	6 6.69	41 38.50	36 39.25	6.389	0.025—0.010
	サバフグ	311	0.26	0.20	0.28	2 1.55	1 3.95	6 6.05	1 4.36	18 15.44	17 11.13	20 17.04	38 43.47	9.651	0.005>
		312	0.80	0.08	0.34	1 2.21	0 4.22	30 25.93	0 0.54	51 49.64	7 1.03	4 6.32	9 12.11	42.336	0.005>
		318	0.22	0.05	0.33	0 0.36	0 0.72	9 6.97	0 1.31	13 13.95	5 2.61	25 25.36	50 50.72	5.231	0.025—0.010
	アカムツ	311	0.26	0.09	0.44	0 1.03	0 1.33	9 10.77	7 2.90	18 13.88	2 3.74	29 30.30	38 39.06	10.559	0.005>
	アラ	316	0.50	0.07	0.43	2 1.80	1 2.43	22 24.17	3 1.18	36 32.60	1 1.59	16 15.85	20 21.38	4.527	0.050—0.025
ツノザメ	サバフグ	309	0.10	0.08	0.19	0 0.15	0 0.65	3 1.75	1 1.37	7 7.45	7 5.83	15 15.73	67 67.07	2.089	0.250—0.100
		311	0.19	0.20	0.37	1 1.50	0 2.57	9 5.87	3 6.24	10 10.05	17 10.68	25 24.38	38 41.70	10.176	0.005>

魚種名(1)	魚種名(2)	No.	P_1	P_2	P_3	N_{123}	N_{120}	N_{103}	N_{023}	N_{100}	N_{020}	N_{003}	N_{000}	χ_0^2	Pr.
ツノザメ	アカムツ	311	0.19	0.09	0.46	0 0.80	6 0.95	4 8.33	1 3.31	10 9.92	2 3.94	42 34.56	38 41.18	34.302	0.005>
	ソコホウボウ	205	0.24	0.26	0.32	0 1.00	3 2.12	3 2.84	2 3.16	6 6.04	8 6.72	11 9.00	17 19.12	2.723	0.100—0.050
		507	0.45	0.16	0.18	0 0.64	3 2.97	2 3.42	2 0.78	18 15.97	3 3.62	5 4.17	18 19.44	3.801	0.100—0.050
	オアカムロ	207	0.63	0.08	0.29	0 0.74	2 1.77	8 8.67	1 0.44	22 20.82	1 1.05	6 5.15	11 12.36	1.900	0.250—0.100
	ヨリトフグ	309	0.10	0.11	0.14	0 0.15	2 0.95	1 1.25	0 1.39	7 7.65	9 8.51	13 11.21	68 68.89	3.142	0.100—0.050
	ハナフエダイ	505	0.49	0.22	0.24	1 1.27	2 4.12	5 4.61	4 1.32	17 14.99	4 4.29	2 4.80	16 15.59	8.558	0.005
	ハマダイ	505	0.49	0.20	0.26	2 1.25	3 3.65	3 5.12	3 1.30	17 14.98	2 3.80	5 5.33	16 15.57	4.830	0.050—0.025
サバフグ	ヨリトフグ	309	0.08	0.11	0.16	0 0.14	0 0.74	1 1.14	2 1.62	7 5.98	9 8.50	13 13.10	68 68.78	1.199	0.500—0.250
	アカムツ	311	0.20	0.09	0.45	0 0.82	0 1.02	4 8.56	7 3.20	17 10.61	2 3.97	35 33.42	38 41.41	13.961	0.005>
ハナフエダイ	ハマダイ	403	0.31	0.15	0.17	2 0.43	2 2.04	3 2.34	2 0.96	9 11.20	2 4.58	2 5.27	30 25.19	11.964	0.005>
		501	0.57	0.33	0.77	4 7.39	3 2.27	17 14.78	8 5.61	5 4.55	2 1.73	10 11.22	2 3.45	3.971	0.050—0.025
		505	0.22	0.20	0.55	2 1.18	1 0.97	4 4.86	5 4.31	4 3.99	2 3.54	17 17.65	16 14.50	1.672	0.250—0.100
	ヒメダイ	501	0.57	0.33	0.69	3 6.63	5 3.03	16 13.27	5 5.03	5 6.07	4 2.30	11 10.07	2 4.60	6.829	0.010—0.005
	チカメキントキ	501	0.57	0.47	0.67	8 9.10	8 4.55	8 10.24	6 6.90	5 5.12	2 3.45	12 7.76	2 3.88	7.192	0.010—0.005
ハマダイ	ヒメダイ	501	0.33	0.33	0.80	1 4.56	2 1.11	12 9.11	10 9.11	2 2.22	4 2.22	18 18.22	2 4.44	7.280	0.010—0.005
	チカメキントキ	501	0.33	0.47	0.82	5 6.59	3 1.41	7 7.41	14 13.18	2 1.59	2 2.82	16 14.82	2 3.18	3.120	0.100—0.050
ヒメダイ	チカメキントキ	501	0.33	0.47	0.80	4 6.43	2 1.57	7 7.24	16 12.86	4 1.76	2 3.14	14 14.47	2 3.53	5.732	0.025—0.010

響が考えられるので，他魚種を一括して魚種3とし，それらが釣れた枝縄の数を M_3 とする．$Pi=\frac{M_i}{N}$，$Q_i=1-P_i$ とすれば，各魚種の分布が他魚種の分布の影響をこうむらないと仮定したときの各漁獲組成の枝縄の出現期待数とそれらに対応する実測数は表4のようになる．この表によれば $P_r\{\chi^2>\chi_0^2\}<0.05$の魚種組合せが多く，魚種1・2・3の分布が相互に独立であるとみなしにくいように見える．しかしこれは P_i が低い場合その種を含む魚種組成の枝縄の出現期待数が小さく，従って χ^2 の計算値（χ_0^2）が実際より大きくなりすぎるためである．頻度が小さいいくつかの項を合計して χ_0^2 の値を求めると正しい値に近づくが各項の意味を考えずに低い数値を合計すれば検定する意味がなくなるので，この問題は次の2つの方法を用いて検討する：1）魚種3を無視し，魚種1と魚種2が釣れたかどうかによってつくった 2×2 分割表よりYatesの修正を行った χ^2 の値を求める[4]．2）魚種1と魚種3について同様な操作をする．

この検定により次のことがわかる：魚種1と魚種2について——魚種1と魚種2の分布で独立であるとみなせないのは43組合せ中4組合せにすぎない．これら

表 5. 同じ枝縄に異なる魚種が釣れる確率に関する検討(2)

魚種名 (1)	魚種名 (2)	No.	P_1	P_2	魚種(1)と魚種(2)の組合せ(魚種(3)が釣れたかどうかを無視) N_{12}	N_{10}	N_{02}	N_{00}	χ_0^2	Pr.
カサゴ spp.	フジクジラ	310	0.24	0.66	15 15.76	9 8.24	52 51.24	26 26.76	0.017	0.900—0.750
		312	0.28	0.80	26 23.31	3 5.69	56 58.69	17 14.31	1.461	0.250—0.100
		313	0.14	0.42	12 6.29	3 8.71	32 37.71	58 52.29	8.686	0.005>
		314	0.42	0.12	1 5.01	42 37.99	11 6.99	49 53.01	4.778	0.050—0.025
		316	0.40	0.60	21 24.16	19 15.84	40 36.84	21 24.16	1.223	0.500—0.250
		318	0.25	0.22	7 5.39	18 19.61	15 16.61	62 60.39	0.384	0.750—0.500
		502	0.35	0.61	9 10.94	9 7.06	22 20.06	11 12.94	0.748	0.500—0.250
	ツノザメ	205	0.18	0.24	3 2.16	6 6.84	9 9.84	32 31.16	0.086	0.900—0.750
		206	0.27	0.25	3 3.50	11 10.50	10 9.50	28 28.50	0.000	0.950—0.900
		207	0.18	0.63	4 5.65	5 3.35	28 26.35	14 15.65	0.759	0.500—0.250
		314	0.42	0.15	6 6.26	37 36.74	9 8.74	51 51.26	0.018	0.900—0.750
	サバフグ	312	0.28	0.08	0 2.27	29 26.73	8 5.73	65 67.27	2.099	0.250—0.100
		318	0.25	0.05	0 1.23	25 23.77	5 3.77	72 73.23	0.598	0.500—0.250
	ムツ	203	0.16	0.10	1 0.80	7 7.20	4 4.20	38 37.80	0.149	0.750—0.500
	ソコホウボウ	205	0.18	0.26	0 2.34	9 6.66	13 10.66	28 30.34	2.384	0.250—0.100
	オアカムロ	207	0.18	0.08	0 0.71	9 8.29	4 3.29	38 38.71	0.079	0.900—0.750
	アラ	316	0.40	0.07	5 2.77	35 37.23	2 4.23	59 56.77	1.916	0.250—0.100
フジクジラ	ツノザメ	311	0.26	0.19	3 5.24	24 21.76	17 14.76	59 61.24	0.974	0.500—0.250
		314	0.12	0.15	1 1.75	11 10.25	14 13.25	77 77.75	0.046	0.900—0.750
	サバフグ	311	0.26	0.20	3 5.50	24 21.50	18 15.50	58 60.05	1.243	0.500—0.250
		312	0.80	0.08	1 6.43	81 75.57	7 1.57	13 18.43	20.925	0.005>
		318	0.22	0.05	0 1.08	22 20.92	5 3.92	75 76.08	0.416	0.750—0.500
	アカムツ	311	0.26	0.09	0 2.36	27 24.64	9 6.64	67 69.36	2.176	0.250—0.100
	アラ	316	0.60	0.07	3 4.23	58 56.77	4 2.77	36 37.23	0.340	0.750—0.500

魚種名 (1)	魚種名 (2)	No.	P_1	P_2	魚種(1)と魚種(2)の組合せ(魚種(3)が釣れたかどうかを無視) N_{12}	N_{10}	N_{02}	N_{00}	χ_0^2	Pr.
ツノザメ	サバフグ	309	0.10	0.08	0 0.80	10 9.20	8 7.20	82 82.80	0.136	0.750—0.500
		311	0.19	0.20	1 4.08	19 15.92	20 16.92	63 66.08	2.540	0.250—0.100
	アカムツ	311	0.19	0.09	6 1.75	14 18.25	3 7.25	80 75.75	10.956	0.005>
	ソコホウボウ	205	0.24	0.26	3 3.12	9 8.88	10 9.88	28 28.12	0.082	0.900—0.750
		507	0.45	0.16	3 3.61	20 19.39	5 4.39	23 23.61	0.007	0.950—0.900
	オアカムロ	207	0.63	0.08	2 2.51	30 29.49	2 1.49	17 17.51	0.000	0.950—0.900
	ヨリトフグ	309	0.10	0.11	2 1.10	8 8.90	9 9.90	81 80.10	0.182	0.750—0.500
	ハナフエダイ	505	0.49	0.22	3 5.39	22 19.61	8 5.61	18 20.39	1.661	0.250—0.100
	ハマダイ	505	0.49	0.20	5 4.90	20 20.10	5 5.10	21 20.90	0.080	0.900—0.750
サバフグ	ヨリトフグ	309	0.08	0.11	0 0.88	8 7.12	11 10.12	81 81.88	0.200	0.755—0.500
	アカムツ	311	0.20	0.09	0 1.83	21 19.17	9 7.17	73 74.83	1.337	0.250—0.100
ハナフエダイ	ハマダイ	403	0.31	0.15	4 2.46	12 13.54	4 5.54	32 30.46	0.748	0.500—0.250
		501	0.57	0.33	7 9.67	22 19.33	10 7.33	12 14.67	1.689	0.250—0.100
		505	0.22	0.20	3 2.16	8 8.84	7 7.84	33 32.16	0.087	0.900—0.750
	ヒメダイ	501	0.57	0.33	8 9.67	21 19.33	9 7.33	13 14.67	0.490	0.500—0.250
	チカメキントキ	501	0.57	0.47	16 13.65	13 15.35	8 10.35	14 11.65	1.102	0.500—0.250
ハマダイ	ヒメダイ	501	0.33	0.33	3 5.67	14 11.33	14 11.33	20 22.67	1.864	0.250—0.100
	チカメキントキ	501	0.33	0.47	8 8.00	9 9.00	16 16.00	18 18.00	0.000	0.950—0.900
ヒメダイ	チカメキントキ	501	0.33	0.47	6 8.00	11 9.00	18 16.00	16 18.00	0.797	0.500—0.250

4組合せのうち3組合せでは魚種1又は魚種2が，1組合せでは魚種1と魚種2のそれぞれが同じ枝縄にかかる傾向がみられ（表3における $P_0<P_2$），海底地形と漁獲の関係が深いか群形成の可能性のある魚種である．また2つの組合せでは魚種2が釣れた枝縄が10本以下で資料が不足している．他の2組合せはいずれもカサゴ spp. とフジクジラの組合せである．この組合せは7例あり，うち5例では相互に独立に分布するとみなせるが，No. 313では両魚種は同じ枝縄に，No. 314では異なる枝縄にかかると言うように一定した傾向を示さない．魚種1と魚種3について——魚種1と魚種3の分布が独立であるとみなせないのは68組合せ中14組合せで，うち6例では両魚種が同じ枝縄にかかる傾向を，8例では異なる枝縄にかかる傾向を示す．

しかしこれらのうち7例では魚種1が釣れた枝縄は10本以下で資料が不足している．

以上の結果より，各魚種は相互に独立に分布すると考えられる．

6．異なる魚種が同じ釣針の占有について競合する可能性

この可能性を検討することが本報告の主目的の一つである．この問題について，上述のうち釣針占有における競合の可能性を示唆するものと否定するものの両者がある．可能性を示唆するものとして，釣針の位置と漁獲の関係の項では玉縄の主要漁獲物中には下端近くの釣針に多く釣れる魚種が多いこと，2魚種が釣れる枝縄数の検討の項では表4に示す N_{123}・N_{120}・N_{103}・N_{023} の合計が全枝縄数に対して大きな比率を占めることがあげられる．これに対し競合の可能性を否定するものとして，釣針の位置と漁獲の関係の項ではこの関係が他魚種の存在によって大幅に変らないこと，同一魚種が釣れる枝縄数の検討の項では同一魚種は同じ枝縄にかかる傾向がいくつかの魚種で認められたこと，2魚種が釣れる枝縄数の検討の項では各魚種相互に独立した分布をする傾向が認められることがあげられる．このようにこれまでの結果では釣針占有における魚種間競合の可能性について結論は得られない．

各枝縄には10本ずつの釣針がついており，魚が最も多く釣れたのは幹縄近くより数えて10番目（最下端）の釣針である．先に扱った43の組合せについて，釣針占有における魚種間競合が最も激しいと考えられる10番目の釣針について競合が起こると考えられる枝縄数を検討する．釣針位置と各魚種の漁獲の関係を示す式3より，各魚種が10番目の釣針に釣れている尾数を求める．各魚種は相互に独立に分布するので，取上げる2魚種に関するこの値をかけ合わせ，全枝縄数で割ると競合の起こる釣針数が求められる．上述の43の組合せについてこの値を求めると，25組合せでは0.5本以下，5組合せでは0.51—1.0本，10組合せでは1.01—1.50本となり，2本以上になるのはカサゴ spp. とフジクジラの組合せ3組（Nos. 310, 312, 316）にすぎない．これらの例では一はえ枝縄100本以上，カサゴ spp. の漁獲25尾以上，フジクジラの漁獲100尾以上であった．また同じ釣針に2種の小型魚が釣れたことと，先に釣れた小型魚を捕食したため大型魚が釣れたことが数例ずつ観察された．以上の結果より，釣針占有における種間競合による漁獲の減少は無視してよいと考えられる．

結　論

上に述べた結果より次のように結論される：玉縄による漁獲の密度とその微細垂直変化は，釣針占有において競合の可能性のある他魚種の存在の影響をほとんど受けない．従って玉縄はトロールや底延縄で調査できないような荒い海底付近における底魚類の相対的な密度とその微細垂直分布を調べるのに最も有効な漁法の一つであると考えられる．

要　約

1979年9月より12月まで，東シナ海大陸斜面において行われた44回の玉縄操業の各釣針による漁獲記録（延枝縄数3192本，釣針各10本付）を分析し，海底付近における底魚類の微細垂直分布と釣針占有における魚種間競合の可能性について次の知見を得た．

1．玉縄による漁獲物中，各主要魚種の漁獲密度は幹縄側より数えた釣針番号に対し有意な正の2次回帰を示す．

2．或る魚種だけが漁獲された枝縄における漁獲の微細垂直分布と全枝縄における漁獲のそれとの比較により，同じような微細垂直分布を示す他魚種の存在はそれぞれの魚種の微細垂直分布にほとんど影響をおよぼさないことがわかった．

3．或る魚種が1尾でもかかった枝縄数（N_0）を各個体が相互に独立に分布したときに，その魚種がかかる枝縄数の期待値（N_1）または漁獲密度の微細垂直変化を示すことを加味した期待値（N_2）と比較することにより，N_0 は N_1 または N_2 より少ない，すなわち

同一魚種は同じ枝縄にかかる傾向を示すことがわかった．

4．魚種Aと魚種Bがかかるかどうかによる2×2分割表の検定により，それぞれの魚種は相互に独立に分布することがわかった．

5．各魚種の漁獲微細垂直分布によれば，釣針占有における魚種間競合が起こる可能性は最下端の釣針において最も高い．しかし漁獲密度の微細垂直分布を示す式より最下端の釣針に2魚種が競合する可能性のある枝縄数を求めると，1方または両方の魚種の漁獲密度が高い時，このような釣針の数は2％に達するが，ほとんどの場合このような釣針の数は無視できる程度である．

このように各魚種の漁獲密度とその微細垂直分布は他魚種の影響をほとんど受けないので，玉縄はトロールや底延縄で調査できないような荒い海底における底魚類の相対密度とその微細垂直分布を知るのに最も有効な漁法の一つであると考えられる．

文　献

1）西海区水産研究所　1980：東シナ海大陸棚斜面未利用資源精密調査報告．大陸棚斜面未利用資源精密調査報告書（第2年度版），293-355．水産庁研究部・北水研・東北水研・東水研・南西水研・西水研・日水研．

2）北島忠弘・前田弘・広瀬誠・俵　悟・内田和良・浜口正人　1981：東シナ海大陸棚斜面未利用資源精密調査報告．同誌（第3年度版），337-547．

3）小倉通男・有元貴文・井上喜洋　1980：沿岸底延縄漁業における浸漬時間と釣獲率．日水誌，**46**（8），963-966．

4）鳥居敏雄・高橋暁正・土肥一郎　1971：医学・生物学のための推計学．25-38，89-109，東大出版会，東京．

5）岸根卓郎　1970：統計学，154-234，367-383，養賢堂，東京．

非　売　品

昭和57年3月25日　印刷
昭和57年3月30日　発行

水産庁西海区水産研究所
〒850　長崎市国分町49

印刷人　松　尾　隆一郎
印刷所　株式会社　隆　文　社
佐世保市瀬越戸町260
電　話　㊾　3306

483

CONTENTS

Makoto Arizono and Hideyoshi Matsuura
Research on Transportation and Distribution of Eggs of Cultured Red Sea Bream—III
Transportation and Diffusion of Eggs and Larvae in Relation to Current Pattern 1

Katsuhisa Tanaka, Shichiro Hamada and Akihiko Shirota
Studies on the Suspended Matter in the Ariake Bay—II
Distribution and Behavior of Phytoplankton and Organic Detritus in the Chikugo River Estuary 19

Katsuhiro Kiso
On the Feeding Habit of O-group Red Sea Bream (*Pagrus major*) in Shijiki Bay, Hirado Island—II. The Habitat Utilization in Terms of Food Resources 31

Junko Nakashima
On the Growth and Age of Three Populations of Jack mackerel, *Trachurus japonicus*, in the Western Seas of Japan 47

Hiroshi Maeda, Tadahiro Kitajima, Makoto Hirose, Kazuyoshi Uchida
Masato Hamaguchi and Satoru Tawara
Mechanism of Bottom Longline to Catch Groundfish
—Consideration on Interspecific Competition among Groundfishes Observed in Baited Hook Occupation— 59

SEIKAI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY
49 KOKUBU-CHO, NAGASAKI 850
JAPAN